UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

CLÁUDIO ALVES DE AMORIM

A HERANÇA CIBERNÉTICA:
DESAFIOS EDUCACIONAIS EM UM MUNDO DE AUTOMAÇÃO

Salvador
2007

CLÁUDIO ALVES DE AMORIM

A HERANÇA CIBERNÉTICA:
DESAFIOS EDUCACIONAIS EM UM MUNDO DE AUTOMAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Robinson Moreira Tenório.

Salvador
2007

TERMO DE APROVAÇÃO

CLÁUDIO ALVES DE AMORIM

A HERANÇA CIBERNÉTICA:
DESAFIOS EDUCACIONAIS EM UM MUNDO DE AUTOMAÇÃO

Tese aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Educação, Universidade Federal da Bahia - UFBA, pela seguinte banca examinadora:

Robinson Moreira Tenório ____
Doutor em Educação, Universidade de São Paulo – USP
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Olival Freire Jr. ____
Doutor em História Social, Universidade de São Paulo – USP
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Roberto Sidney Macedo ____
Doutor em Ciências da Educação, Universidade de Paris VIII
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Jonei Cerqueira Barbosa ____
Doutor em Educação Matemática, Universidade Estadual Paulista – UNESP
Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Paulo Cesar Coelho Abrantes ____
Doutor em Filosofia, Universidade de Paris I
Universidade de Brasília – UNB

Salvador, 20 de outubro de 2006.

Às filhas,
Vanessa e Ana Cláudia,
herdeiras da cibernética.

Agradecimentos

Esta tese é resultado do apoio direto de várias pessoas, além da participação indireta de muitas outras. Nenhuma delas é responsável pelos defeitos do texto, mas cada uma é co-responsável por suas eventuais qualidades.

O maior agradecimento vai para o amigo e orientador Prof. Robinson. Foi ele quem, com paciência, otimismo e bom senso trouxe o trabalho a termo. Sozinho, eu certamente teria ficado no meio do caminho.

Aos professores Roberto Sidnei, Jonei e Osvaldo Pessoa Jr., pelas suas intervenções na minha Banca de Qualificação, muito obrigado. Ao Prof. Roberto, agradeço ainda por sua gentileza e generosidade na apreciação das minhas idéias, ao longo da nossa convivência no Programa de Pós-Graduação em Educação da UFBa.

Obrigado também ao Prof. Paulo Abrantes, por ter aceito o convite para participar da Banca de Doutorado. A ele e aos demais Membros da Banca, sou grato por terem aceito receber o texto para leitura em prazo menor do que o habitual.

Agradeço ao amigo João Guimarães pelos longos diálogos sobre o trabalho em uma refinaria de petróleo, que ele conhece de perto. Muito mais do que isso, eu devo a ele boas risadas, e momentos de descontração fraterna, em meio às atribulações da vida.

Ao amigo Marco Tek, minha gratidão por mais de vinte anos de diálogo inteligente e vivaz, bem como as divertidíssimas partidas de xadrez, malgrado a má qualidade técnica de ambos. Também pelo farto material bibliográfico e informações sobre automação industrial – seu orgulho e sua Especialidade, com "E" maiúsculo.

Obrigado ao amigo-irmão Luiz Marcelo, por ter insistido em permanecer por perto, apesar da minha reclusão nos últimos meses.

Ao Sr. Renildo, operador industrial experiente, meu muito obrigado por ter compartilhado comigo sua sabedoria adquirida na *linha de frente* da indústria petroquímica.

Obrigado ao Cel. Wagner, homem de larga experiência na aviação militar e civil, por seu interesse no meu trabalho, e por sua disponibilidade para me ensinar sobre aviação muito mais do que pude aprender no curto período em que me debrucei sobre a matéria.

Pelas informações sobre aviação, também agradeço ao Cap. Breno, ao Cmd. Tosta e ao Cmd. Lima, todos eles pilotos e instrutores de vôo profissionais, que doaram do seu tempo para conversar comigo.

À Profª Tânia Regina e à UNEB, meu agradecimento pelo apoio para a apresentação de trabalho no Congresso do IHPST, em Leeds, Inglaterra, em 2005. Também à Equipe da Editora e Gráfica da UNEB, pela impressão da Tese, na versão da Banca.

Obrigado à Faculdade Ruy Barbosa, em especial aos colegas da gráfica, pela impressão do texto final.

Grato ao amigo e co-orientando Marcos Mercuri, pela instrutiva visita à Engepack.

Aos amigos e ex-alunos Márcio, Érico e Roque Jorge, obrigado por me fazerem acreditar cada vez mais na inteligência e no caráter dos jovens.

Aos amigos e ainda alunos Newton e Lívio, pela sua cortesia e presteza em suprir minhas necessidades informáticas, e pelo uso do simulador de elevadores, na apresentação pública da tese.

Aos colegas e alunos da UNEB e da Faculdade Ruy Barbosa que se interessaram pelos meus progressos e pelas minhas dificuldades, durante a elaboração da tese, muito obrigado.

Aos Colegas da Escola Técnica Federal da Bahia, minha gratidão permanente, por suas lições de companheirismo.

Agradeço à nossa auxiliar doméstica titular, Conceição, e à reserva, Luciene, por nos proporcionarem o tempo ocioso que dedicamos ao dever e ao prazer do estudo.

Às amigas Ruth, Mônica e Simone, terapeutas do corpo e da alma, sou grato por terem me sustentado a saúde, nos dias em que ela ameaçou me deixar na mão.

Ao Pai, Paulo, agradeço por ter me mostrado a beleza e o valor do conhecimento, desde muito cedo. À Mãe, Maria, agradeço pelo carinho constante. A ambos, meu muito obrigado pelos sacrifícios feitos ao longo dos anos em nome do meu bem-estar.

À irmã, Rejani, e ao irmão, Paulinho, um agradecimento especial, por me incentivarem incondicionalmente, durante toda a jornada.

Minha gratidão a Nelma e às nossas menininhas, Vanessa e Ana Cláudia, por terem me aturado durante seis anos quase ininterruptos de pós-graduação.

Nos dois planos da Vida, há muitos outros a quem agradeço, de coração. Esses, porém, não cabe mencionar nominalmente.

Obrigado.

Mais do que de máquinas, precisamos de humanidade.
Mais do que de inteligência, precisamos de afeição e doçura.
Não sois máquinas! Homens é que sois!

Charlie Chaplin

Resumo

Apoiando-se no instrumental teórico e técnico da matemática, da eletrônica e da computação, a cibernética estabeleceu-se com uma das forças que modelam o mundo contemporâneo. Um dos aspectos da nossa herança cibernética, a automação, ao diversificar substancialmente as formas possíveis das relações de produção, propõe novos e urgentes desafios, na mesma medida em que oferece oportunidades inéditas para a emancipação da humanidade. Até o presente, a automação tem servido sobretudo à concentração e abuso do poder político e econômico. Também tem contribuído para o desemprego e para a desqualificação da dos trabalhadores. Favorecendo a produção em altíssima escala, a automação contribui ainda para a exacerbação do consumismo, e conseqüentemente, da alienação. Nesse contexto, o uso dos sistemas automatizados como força transformadora, a serviço do bem-estar social, requer o reposicionamento das competências humanas, ora desafiadas pelos avanços diários da tecnologia, que se materializa por meio de dispositivos e sistemas cada vez mais complexos e autônomos. Apoiado no estudo da automação na indústria e nas aeronaves, o presente trabalho tem como objetivo elucidar os principais desafios educacionais rumo à cooperação significativa e conseqüente entre pessoas e autômatos. Com base na visão de Vieira Pinto de tecnologia como instrumento de emancipação, e na visão de Paulo Freire de educação como emancipação, propõe-se que novas práticas educacionais são necessárias para formar pessoas capazes de compreender, conceber e operar sistemas cibernéticos cada vez mais eficazes, para o bem da humanidade. Embora os seres humanos cooperem com os autômatos, tanto no âmbito teórico como em tarefas práticas, apenas os humanos são seres da *práxis*, intencionais, sociais e comprometidos uns com os outros. Sugere-se que o desenvolvimento de pessoas plenamente competentes fundamente-se na integração de três virtudes intelectuais aristotélicas: *epistéme* (conhecimento teórico), *tékhne* (*savoir-faire*) e *phrónesis* (sabedoria prática, ou bom senso).

Palavras-chave: Automação; Cibernética; Autômato; Competência; Computação; Educação; Episteme, tékhne; Phronesis.

Abstract

Drawing on the theoretical and technical tools of mathematics, electronics and computer science, cybernetics has established itself as one of the driving forces of the modern world. Automation, which is part of our cybernetic heritage, greatly diversifies the forms of production relationships, and therefore poses new and urgent challenges, as it rapidly reshapes society. On the other hand, it opens unprecedented opportunities for human emancipation. Until now, automation has served mainly the concentration and abuse of economic and political power. It has also been a cause of unemployment and deskilling of workers. Because of its pivotal role in the mass production of goods, automation has contributed to consumerism, and the alienation that follows it. The unleashing of automated systems' revolutionary potential, aiming at a state of social well-being, requires the repositioning of human competences, currently challenged by daily technological advances, which materialize into increasingly complex and autonomous devices and systems. Drawing on the study of automation in industrial plants and in aircraft, this work intends to shed some new light on the educational challenges to be met in promoting a more meaningful, sensible and responsible cooperation between people and automatons. Based on Vieira Pinto's vision of technology as an emancipating tool and on Paulo Freire's vision of education as emancipation, it is purposed that new educational practices are needed in order to form people able to understand, design and operate increasingly effective cybernetic devices, to humankind's advantage. Although human beings cooperate with automatons both in theoretical and in practical matters, only humans are beings of *práxis*, and as such, intentional, social and committed to one another. It is suggested that the education of fully competent people be achieved through the fostering of three Aristotelian intellectual virtues, namely *epistéme* (theoretical knowledge), *tékhne* (*know-how*) and *phrónesis* (practical wisdom).

Keywords: Automation; Cybernetics; Competence; Computing; Education; Episteme; Tekhne; Phronesis.

Lista de Quadros

Sumário

1 Introdução

O presente estudo é motivado pela automação crescente e generalizada dos processos produtivos, que implica em significativos desafios educacionais. Esse é um problema antigo, mas que se torna mais urgente na medida em que o rápido desenvolvimento de dispositivos e sistemas computadorizados, a partir da década de 1960, permite execução automática de tarefas que, quando executadas por seres humanos, exigem raciocínio e conhecimento especializado, além de habilidades motoras (que há milênios as máquinas vêm substituindo). Ou, como quer Lojkine (2002, p.62-63), "os novos meios informáticos de trabalho abrem uma nova era na história da humanidade: a da objetivação, pela máquina, de funções abstratas, reflexivas, do cérebro – não mais funções cerebrais ligadas [somente] à atividade da mão". Por conseguinte, é de se esperar que a educação se atualize, de modo a proporcionar aos cidadãos e trabalhadores em formação o entendimento das determinantes históricas e do impacto da automação na vida corrente, assim como o senso crítico e as competências necessárias para se posicionar face à nova realidade. É nessa linha que este texto se desenvolve.

A fim de discutir as questões pertinentes em bases concretas, dois domínios de aplicação da automação foram selecionados: a pilotagem de aviões e a produção industrial. Essas são áreas em que a automação é aplicada há décadas, dentro dos mais elevados padrões tecnológicos, substituindo as ações humanas em tarefas complexas, associadas a demandas psicomotoras e cognitivas muito especiais. Conseqüentemente, são áreas fecundas em perguntas e respostas para os problemas da cooperação[1] entre máquinas e seres humanos.

---

[1] A palavra cooperação, no presente texto, assume dois diferentes significados, que devem ficar claros de acordo com o contexto em que aparece. A cooperação entre o ser humano e uma máquina é entendida como co-operação, ou seja a operação conjunta e coordenada de ambos para a execução de uma tarefa. É nesse sentido que podemos falar em cooperação entre o piloto e os modernos sistemas aviônicos. A cooperação entre

A tese central do texto é a de que a nossa herança cibernética obriga à educação como processo permanente de formação humana, em regime cooperativo, integrando *epistéme* (saber teórico), *tékhne* (técnica) e *phrónesis* (sabedoria prática, ou bom-senso).[2]

A perspectiva adotada aqui é predominantemente a da filosofia e sociologia do conhecimento e da técnica, sem descuidar do imprescindível diálogo com a sociologia do trabalho, e óbvio, com a pedagogia. O presente esforço será considerado bem-sucedido se puder inspirar (1) uma visão clara sobre a automação: seus fundamentos, limites, possibilidades e implicações; e (2) uma perspectiva emancipadora do labor educativo, em um mundo de automação. Mas, mesmo que esse objetivo não seja plenamente alcançado, ficarei feliz se despertar o interessar do leitor para a obra "Conceito de Tecnologia", de Álvaro Vieira Pinto: um marco na filosofia da técnica, que muito honra o pensamento brasileiro.

Reivindico para o meu trabalho, portanto, um caráter exploratório e inspirativo, mas de modo algum prescritivo. De resto, não acredito que exista uma via única para a educação, nem tampouco um conjunto de tecnologias de automação que se possa querer hegemônico, adaptado a todas as necessidades humanas e ambientais. Na educação, assim como na tecnologia, a diversidade é uma força de fundamental importância. Nesse sentido, meu trabalho é necessariamente uma contribuição circunscrita, ancorada na minha formação teórica e nas minha própria vivência como técnico e como educador. Que outros autores, tomando como ponto de partida questões semelhantes às que tomei, se aventurem por caminhos diferentes, e até mesmo divergentes dos meus, é algo que não só espero, como também desejo.

A estrutura do texto é a seguinte:

O presente capítulo apresenta uma primeira aproximação às questões desenvolvidas no decorrer do trabalho, assim como as notas metodológicas e bibliográficas. O capítulo 2, "Automação, Herança Cibernética", analisa as origens da cibernética e seu impacto sobre a idéia de automação. Os sistemas computadorizados como cooperadores dos seres humanos, na execução de tarefas complexas. Procura-se manter, nessa apresentação, um balanço adequado entre os aspectos epistemológicos, históricos, econômicos e tecnológicos do tema. O capítulo

---

duas ou mais pessoas, por outro lado, é entendida como seu engajamento ativo, intencional e coordenado no exercício de uma atividade, com propósito definido. Nesse sentido, falamos de cooperação entre piloto e co-piloto. Esse tópico será desenvolvido em detalhes na seção 5.1.

[2]Utilizo, ao longo do texto, a transcrição das palavras gregas conforme a grafia adotada por Chauí (2002), sempre em itálico.

3, “As Competências em Questão”, lança mão das perspectivas filosófica, psicológica e sociológica, buscando situar as competências em um quadro conceitual consistente, de modo a subsidiar os capítulos seguintes. No capítulo 4, “Ser Humano, Ser Competente” busca-se compreender a atualização das competências, na formação daquele a quem se chamará um *ser competente*, isto é, aquele em quem ocorre uma síntese de *epistéme* e *tékhne*, atualizada na *práxis.* No capítulo 5, “A Cooperação Humano-Máquina” é explorada sob diversos ângulos, a partir da perspectiva da pilotagem de aviões e da operação de processos industriais. Os detalhes técnicos dessas atividades são apresentados na medida em que esclarecem as formas de interação entre os seres humanos e os sistemas automáticos. O capítulo 6, “Desafios Educacionais”, aponta algumas das questões relevantes e sugestões para a formação de pessoas críticas e capacitadas para viver produtivamente em um mundo de automação. No capítulo 7, “Conclusão”, procede-se a síntese dos principais argumentos apresentados no texto.

1.1 A herança cibernética

Independente das nossas escolhas atuais, as gerações passadas nos deixaram uma herança cibernética: um mundo onde cada vez mais a atividade econômica depende da automação, nos mais variados setores. A palavra cibernética, cuja origem e significado serão explorados no capítulo seguinte, remete à idéia de máquinas autônomas, portanto capazes de executar, por si mesmas, tarefas nas quais a intervenção humana era antes indispensável. Na atualidade, por razões que também discutiremos mais à frente, os computadores eletrônicos digitais estão no núcleo controlador de cada uma dessas máquinas. Contudo, a visibilidade social das máquinas computadorizadas esconde aspectos técnicos, epistemológicos, históricos políticos e sócio-econômicos que precisam ser trazidos à luz.

A mídia, em geral, assim como os veículos de divulgação científica, costumam ressaltar os benefícios da crescente presença do computador na sociedade. Destaca-se, por exemplo, a sua contribuição para a produtividade na indústria e na agricultura, para o aperfeiçoamento das técnicas médicas de diagnóstico e terapia, e para o desenvolvimento das artes. Acentua-se, também, sua contribuição para a descoberta científica, como deixa patente

a avalanche de reportagens, nos últimos anos, sobre a "decifração do genoma humano"[3]. Seu uso na educação é elogiado, às vezes com justificável entusiasmo, às vezes com impressionante ingenuidade. Em suma, naturaliza-se a figura do computador, nas suas diversas encarnações[4], alardeando-se os benefícios (concretos ou presumidos) trazidos por ele. Contudo, a ubiqüidade do computador é fruto de um processo histórico complexo, com determinantes sociais, políticas, tecnológicas, epistemológicas, que precisam ser discutidas.

Há trinta anos, Weizenbaum (1976, p.28) afirmou que "...a introdução do computador em algumas atividades humanas complexas pode se constituir em um compromisso irreversível". Evidentemente, esse vaticínio já se realizou, pois a infra-estrutura econômica do mundo atual é fortemente dependente dos sistemas computadorizados, e há muito as forças dominantes do capitalismo promovem uma relação instrumental com os computadores (saber usar, saber programar), visando tão somente a inserção dos indivíduos (não todos, mas apenas alguns *eleitos*) no mundo do trabalho computadorizado. Dessa forma, o computador tem se tornado uma ferramenta de trabalho de uso diário para os profissionais das *classes médias*, ou seja, aqueles que se encontram integrados à estrutura hegemônica de produção e troca, trabalhando como gestores do capital, como operários especializados ou como agentes de criação e marketing, no setor industrial, no setor de serviços e nos agronegócios.

A fabricação de nexos causais entre a disseminação dos computadores e o progresso social é parte de uma ideologia que anuncia sempre um "admirável mundo novo" que não chega, como de fato não pode chegar, apenas por força das transformações tecnológicas. Atento a essa realidade, já há trinta anos Weizenbaum (1976, p.32) observava que

---

[3]Que por si só, é uma expressão ideologicamente carregada. Os verbos cifrar e decifrar, há muito utilizados na linguagem militar, são usados também na computação, com o sentido de codificar e decodificar mensagens, de modo que só pessoas autorizadas possam lê-las, vê-las ou ouví-las. Em sentido mais amplo, decifrar é desmontar um enigma, quebrando-o em suas componentes através do raciocínio lógico. Então, "decifrar o genoma" é, em certa medida, "quebrar", ou seja, ter acesso ao que estava oculto no "código" da vida. Em que sentido podemos dizer que o o genoma é um "código", ou um "programa", como querem alguns, é algo que os meios de divulgação científica não costumam discutir em profundidade. Esse é apenas um exemplo de como a linguagem da informática entra na nossa vida diária e condiciona aspectos importantes da nossa visão de mundo.

[4]Fundamentalmente, o computador moderno eletrônico digital, fruto de um prolongado desenvolvimento histórico, é uma máquina abstrata de propósito geral (Tenório, 1991; Davis, 2000), que assume incontáveis "encarnações", ou seja, materializa-se como produto, sob diversas formas, a depender das funções a que é destinado.

> O advento da revolução computacional[5] e o início da era dos computadores têm sido anunciados várias vezes. Mas se o triunfo de uma revolução deve ser medido em termos da profundidade das revisões que ela gera em torno das questões sociais, então não houve revolução computacional.

O computador eletrônico digital não é o único tipo de computador existente, mas, na prática, tornou-se hegemônico como suporte para a automação de máquinas e sistemas, no decorrer das últimas quatro décadas. Sendo uma máquina de programa armazenado, o computador eletrônico digital é economicamente eficaz por vários motivos: (1) Um único dispositivo padronizado de hardware (digamos, um certo microprocessador) serve de suporte a uma infinidade de diferentes programas. Com isso, além de uma evidente versatilidade, obtém-se uma grande vantagem em termos de economia de escala, pois milhões de componentes de mesmo modelo equipam máquinas que serão usadas com as mais diversas funções; (2) Dispositivos de hardware mais avançados podem ser fabricados de modo a manter compatibilidade com o software existente, porém rodando-o com mais eficiência. Especificamente, a unidade de processamento de um computador pode ser atualizada, de modo a executar com mais eficiência um mesmo programa executado anteriormente, o que implica na redução de custos com o desenvolvimento de novos programas; e (3) Com a miniaturização dos componentes, os computadores eletrônicos digitais tornam-se cada vez mais baratos, leves e compactos, de modo que podem ser usados em uma gama crescente de aplicações.

Graças a uma combinação de lógica, tecnologia e marketing, passamos de um mundo praticamente sem computadores a um mundo amplamente computadorizado, em apenas cinco décadas. Juntamente com a descoberta do DNA e com o domínio da energia nuclear, o poder computacional em larga escala é uma das grandes forças transformadoras da sociedade, e da nossa visão de mundo, após a II Guerra Mundial. Entretanto, embora as discussões éticas e políticas sobre a energia nuclear e as manipulações genéticas encontrem um razoável espaço nos meios de comunicação (ainda que envoltas em desinformação e sensacionalismo), o impacto sócio-econômico e cultural dos computadores é discutido de forma um tanto superficial e enviesada. Por isso, a exemplo do automóvel, eles invadem as nossas vidas como fetiche, antes que possam ser entendidos na sua real dimensão.

Atualmente, por força de um acanhamento conceitual generalizado, alimentado pela mídia – em simbiose com as transnacionais dos eletroeletrônicos – apenas os

[5]"computer revolution", no original.

microcomputadores, computadores de mão (*palmtops*) e telefones celulares costumam ser lembrados quando se discute o impacto social e econômico da computação. Contudo, esses produtos de consumo, vendidos como ferramentas de trabalho e instrumentos de lazer, em regime de obsolescência planejada, são apenas a face mais visível do poder computacional instalado no Planeta. Figurativamente, são a ponta de um iceberg cujo bojo, representado pelos grandes computadores em rede e pelos sistemas de automação em larga escala, se encontra submerso, longe dos olhos da sociedade, nos setores de processamento de informações, laboratórios de pesquisa, linhas de produção e complexos militares, servindo aos interesses das mega empresas privadas e dos governos mais ricos do mundo.

Contraditoriamente, na mesma medida em que abre campo para novas modalidades de abuso de poder, o computador também amplia, potencialmente, as possibilidades criativas, produtivas e de participação política na sociedade. Um dos desafios que se coloca à educação, em um mundo inexoravelmente computadorizado, é justamente o de promover os meios para que o potencial emancipador da máquina predomine sobre o seu potencial como instrumento de opressão. Muito mais do que o uso do computador como "uma nova mídia", ou como "ferramenta pedagógica", o que está em jogo é a compreensão da máquina em suas determinantes históricas, econômicas, tecnológicas e epistemológicas, a fim de que a sociedade possa discutir e decidir como e quando utilizá-la em seu benefício.

David Gelernter (apud Stoll, 2000, p.82) afirma que "os educadores profissionais estão nos conduzindo à toda velocidade a um mundo de máquinas inteligentes e pessoas tolas"[6]. Discordo, em parte, pois não penso que isso esteja acontecendo por ação dos educadores. Mas, por omissão, pode acontecer. Precisamos pensar e trabalhar para que não aconteça.

1.2 Desafios da automação

No presente trabalho a automação é discutida predominantemente no âmbito das máquinas e sistemas que fazem a mediação entre o ser humano e o mundo físico, tais como aeronaves e plantas industriais. Subsidiariamente serão discutidos os sistemas automatizados de cunho simbólico, ou seja, aqueles que lidam apenas com símbolos abstratos, a exemplo dos sistemas de informação administrativos e os programas de computador usados para a solução

[6]"smart machines and dumb people", no original. A frase deve ser entendida em seu propósito retórico, de chamar a atenção para a erosão de competências humanas fundamentais devido ao uso indiscriminado dos computadores, em particular nas escolas.

de problemas matemáticos. Tal segmentação nada tem de absoluta, e serve apenas aos propósitos de circunscrição do trabalho, mesmo porque, cada vez mais, os sistemas produção automatizados conectam-se diretamente aos sistemas de cunho "administrativo", dentro de uma visão de otimização integral do processo produtivo.

Por meio da automação, as máquinas não só substituem as pessoas em tarefas para cuja execução a presença humana era antes fundamental, como também viabilizam a execução de tarefas que seriam irrealizáveis sob controle exclusivamente humano. Os níveis em que a automação se apresenta variam, desde o controle localizado de dispositivos sob a tutela humana, como ocorre com a transmissão automática do automóvel, à completa substituição de trabalhadores especializados, em espaços importantes do processo produtivo e da atividade científica. Atualmente, a automação é tão corriqueira que passa desapercebida, e poucos nos lembramos de que até a década de 1970 os funcionários dos bancos ainda atualizavam à mão as fichas cadastrais de seus clientes, que só depois eram enviadas para o birô *de digitação, onde se transformavam em registros computadorizados (os mais jovens nem sabem disso).* Da mesma forma, não nos damos conta de que, no decorrer do século XX, os sistemas automatizados passaram a controlar aspectos críticos das nossas vidas, tais como exames e procedimentos médicos, geração e distribuição de energia elétrica, produção e refino de petróleo, fabricação de bens de consumo e sistemas telefônicos, entre outros.

Usar uma máquina significa predominantemente manuseá-la para que ela execute as operações esperadas, de forma predominantemente passiva. Cooperar com uma máquina, porém, significa interagir com ela em um sistema dinâmico de entradas de saídas de dados que se alternam e se realimentam na execução de uma tarefa. Nesse sentido, podemos dizer que um telespectador usa a sua televisão para ter acesso às imagens transmitidas pela emissora, e que um motorista usa o seu carro para ir ao trabalho. Por outro lado, o piloto de um avião moderno coopera com a aeronave para viajar entre a sua origem e o seu destino[7].

Incorporando-se ao nosso cotidiano, através de objetos e procedimentos ordinários, a automação se torna até certo ponto invisível, e tendemos simplesmente a aceitá-la como natural e indispensável. Contudo, a história mostra que a introdução da automação na sociedade sempre traz problemas novos, embora nem sempre resolva problemas antigos. Em alguns casos, a automação nos faz imediatamente mais capazes, mas em outros ela restringe a manifestação das nossas habilidades. Quando uso a minha câmara fotográfica digital

---

[7]A distinção entre usar a máquina e cooperar com ela será desenvolvida no capítulo 5.

automática, eu tiro fotos muito melhores do que as que tiraria usando uma câmara de operação manual. Por outro lado, um fotógrafo profissional necessita dos controles manuais para extrair o máximo do equipamento. Para ele, uma máquina totalmente automática, sem opções de controle manual, seria um entrave, ao invés de um auxílio. Analogamente, algumas pessoas se tornam motoristas mais capazes quando dirigem um carro com transmissão automática, mas essa não é uma opção viável para os pilotos de corrida, que necessitam de total autonomia na passagem das marchas, para realizar manobras adequadas aos seus objetivos na pista. No tráfego urbano, um bom motorista ainda consegue dirigir mais economicamente usando o câmbio manual, embora submetendo-se à fadiga das centenas de trocas de marcha diárias.

Mesmo quando representa um auxílio efetivo, todo equipamento ou sistema automatizado requer, dos seus operadores, o aprendizado de novos procedimentos e a sedimentação de novos hábitos. Quando o indivíduo está acostumado a realizar suas tarefas de uma certa maneira, a introdução de auxílios automáticos pode perturbá-lo temporariamente, no campo cognitivo, no campo psicomotor, ou em ambos[8].

Todos nós que estamos imersos em um modo de vida tecnológico, característico das sociedades industriais contemporâneas, já experimentamos algum nível de desconforto ou frustração ao interagir com equipamentos que, de alguma forma, não *obedecem* aos nossos comandos e cujo comportamento não corresponde às nossas expectativas. Os equipamentos eletrônicos e microcomputadores, em particular, freqüentemente parecem ter *vida própria*, funcionando de acordo com uma lógica que não é a do usuário[9]. Isso ocorre porque as máquinas mais modernas, de modo geral, têm mais funções e embutem mais *know-how* do que as mais antigas, e por isso são geralmente mais complexas e menos previsíveis. Na terminologia da cibernética, podemos dizer que as máquinas computadorizadas trabalham com um conjunto de entradas (*inputs*), saídas (*outputs*) e estados internos muito mais amplo do que suas predecessoras hidráulicas, pneumáticas, mecânicas e eletromecânicas.

---

[8]Não obstante, pouquíssimos estudantes universitários na área de informática têm consciência de que, ao projetar e implantar um novo sistema de informação, estarão intervindo no modo de vida das pessoas obrigadas a trabalhar com o sistema, com reflexos no seu mundo cultural e cognitivo, e às vezes até mesmo nos campos físico e emocional. Via de regra, os professores da área também não têm essa consciência.

[9]Naturalmente, nesta passagem não estou usando a palavra lógica no sentido técnico, mas em uma acepção coloquial: lógica como modo de pensar, proceder, encadear raciocínios.

Com a introdução de novas tecnologias de automação, imperfeições e imprevistos sempre aparecem, pois, em sentido estrito, há limites para o que é possível modelar, prever e controlar por meios computacionais. conseqüentemente, ao mesmo tempo que certos problemas são resolvidos através da automação, surgem outros novos. Portanto, importa saber se os benefícios da automação em determinada área superam os riscos e inconvenientes que ela traz, mas esse balanço é muito delicado, pois envolve, além de problemas técnicos complexos, problemas ergonômicos, epistemológicos, éticos, econômicos e políticos, de difícil solução.

Embora dirigir um automóvel seja uma atividade de risco, que requer o desenvolvimento de habilidades especiais, do ponto de vista do usuário o carro é uma máquina muito mais simples e previsível do que um telefone celular de última geração, como se pode inferir, comparando-se o tamanho e a complexidade dos respectivos manuais[10]. Esse fato corriqueiro nos faz suspeitar de que a introdução da automação, em áreas críticas como a pilotagem de aviões, não é tão simples e direta como pode parecer à primeira vista. De fato, Risukhin afirma que "a introdução de equipamentos automáticos na aviação trouxe oportunidades e problemas *antes desconhecidos* (2001, p.7, grifo meu)".

Mesmo situações prosaicas da vida urbana, tais como o uso de telefones celulares e quiosques de auto-atendimento, têm-se operado transformações profundas nas demandas cognitivas impostas às pessoas, em especial às das camadas economicamente desfavorecidas, que até bem pouco não tinham acesso a dispositivos eletrônicos sofisticados. Por um lado, essa situação obriga ao exercício de certas modalidades de raciocínio lógico, antes *adormecidas*, com conseqüências possivelmente positivas no plano pedagógico. Por outro lado, impõe um *stress* adicional às pessoas (sobretudo as mais idosas) que se consideram incapazes de lidar com as novas tecnologias, e por isso se sentem excluídas do "mundo moderno".

Outra dimensão a ser considerada no que tange aos desafios da automação. Se, por um lado, a automação liberta as pessoas de tarefas perigosas, insalubres ou extenuantes, por outro lado expõe milhões de trabalhadores ao desemprego estrutural, ou seja, aquele que ocorre mesmo na presença do crescimento econômico.

---

[10]Pode-se alegar que os detalhes de funcionamento do carro estão ocultos, o que é correto. Contudo, os detalhes de funcionamento do aparelho telefônico também estão, e os muitos comandos que o usuário tem que dominar são apenas a face visível de um sistema altamente complexo.

Muito se tem falado no desemprego no setor da aviação civil, por força da crise decorrente do ataque às torres gêmeas de Nova York, no ano de 2001, e posteriormente agravada pelo substancial aumento dos preços dos combustíveis, especialmente após a invasão do Iraque, em 2003. Contudo, muito antes desses fatos, a aviação já era uma das áreas com os piores níveis de desemprego, nos Estados Unidos. De acordo com os dados compilados por Dupas (2001, p.140), esse setor demitiu, entre janeiro de 1990 e julho de 1995, cerca de 251.000 trabalhadores. Mesmo levando em conta as demissões decorrentes da terceirização de mão-de-obra, a possibilidade de dispensar tantos trabalhadores, mesmo em um período de franca ascensão do tráfego aéreo (anterior aos atentados de 2001), é em larga medida provocada pela automação, tanto dos serviços em terra quanto das aeronaves. Em terra, os modernos sistemas de reservas e vendas de passagens pela Internet eliminaram inúmeros postos de trabalho. No ar, as aeronaves mais novas dispensaram a figura do engenheiro de vôo. Assim, as aeronaves de médio e grande porte, que voavam com três tripulantes na cabine, passaram a voar com apenas dois[11].

O desemprego provocado pela automação tem dois aspectos distintos. Primeiro, a redução absoluta do número de trabalhadores requeridos para a produção de bens ou realização de serviços, mesmo quando se considera as possíveis "realocações", ou transferências entre atividades. Segundo, a dificuldade de transferir trabalhadores de sua atividade original para outras, que freqüentemente exigem qualificações muito diferentes, que não podem ser adquiridas senão com muito tempo, esforço e investimento. Portanto, outro desafio premente para a educação, em um mundo automatizado, é formar pessoas capazes de readaptar constantemente as suas capacidades, para fazer face às novas demandas do mundo do trabalho[12].

---

[11]O que, grosso modo, significa a redução do quadro de pilotagem a 2/3 do anterior. Vale ressaltar que, além das aeronaves novas já saírem de fábrica prevendo apenas a presença de dois tripulantes na cabine, muitas aeronaves antigas foram modernizadas com a instalação de novos sistemas, que permitiram a redução da sua tripulação (dependendo, sempre, de uma análise de viabilidade econômica, por parte das empresas aéreas).

[12]"Mundo do trabalho", o que é muito diferente de "mercado de trabalho". Não tenho em mente a mera satisfação das "necessidades do mercado", mas todo um processo de transformação das relações entre educação e trabalho ao longo do qual em que a própria idéia de "mercado" e de "reciclagem profissional" perderão o sentido.

Diante dessa diversidade de nuances na cooperação humano-máquina, em um mundo amplamente automatizado, um dos grandes desafios da educação é formar pessoas capazes de cooperar com máquinas complexas de maneira competente e responsável[13].

1.3 Automação e competências

Se perguntarmos a qualquer pessoa se um piloto de jato poderia ser substituído por um macaco, a resposta será negativa. Mesmo se perguntarmos se o piloto poderia apenas receber a cooperação de um macaco, ao invés de ser substituído por ele, ainda assim, a reação mais natural dos entrevistados será de ceticismo ou de ironia – a pergunta não será jamais levada a sério. Contudo, se perguntarmos se o piloto poderá, no futuro, ser substituído por um sistema computadorizado, certamente muitas pessoas, inclusive engenheiros aeronáuticos e especialistas em inteligência artificial, responderão afirmativamente. Isso significa que, no que tange à imitação da perícia humana, atribuímos aos sistemas computadorizados potencialidades maiores do que às que atribuímos aos nossos *parentes* mais próximos no reino animal. Essa observação se torna mais significativa quando nos lembramos que a pilotagem de aviões exige uma coordenação complexa entre habilidades cognitivas, habilidades motoras e raciocínio.

A questão se torna ainda mais interessante ao perguntarmos se o piloto pode receber a cooperação de um sistema automatizado. Nesse caso, a única resposta correta será a afirmativa, porque tal cooperação já vem ocorrendo há décadas, com resultados cada vez melhores para a segurança e economia dos vôos, em um cenário de tráfego aéreo crescente. Por conseguinte, ao menos que provemos a capacidade dos chimpanzés para a pilotagem de aviões, somos forçados a admitir que as máquinas estão mais capacitadas do que qualquer ser vivo não-humano a imitar-nos ou auxiliar-nos, em certas atividades. E, de fato, os autômatos espalhados pelo mundo têm cooperado conosco em uma série de tarefas nas quais a cooperação dos animais é impossível. Isso só acontece porque, de algum modo, sabemos como equipar os autômatos com uma parcela do nosso conhecimento e *savoir-faire*.

Por outro lado, que dizer dos pombos-correio, usados com fins militares até as primeiras décadas do século XX? Até hoje, nenhum dispositivo reúne autonomia e a

---

[13]Tendo em vista a perspectiva emancipadora adotada neste trabalho, tenho em mente muito mais do que o simples uso instrumental do computador, que normalmente é o objetivo dos programas de treinamento e "capacitação".

inteligência dos pombos-correio, para voar longas distâncias e chegar ao destino com tamanha exatidão, sem controle externo. E os cães que auxiliam os cegos, ou os deficientes auditivos? Também não podem ser substituídos por autômatos, pelo menos no nível atual da tecnologia. Então, vemo-nos diante do seguinte quadro, no que se refere às atividades que requerem sofisticação psicomotora, associada ao raciocínio, quando realizadas por seres humanos: algumas podem ser simuladas, às vezes com vantagens, por sistemas computadorizados, mas não podem ser realizadas por animais treinados, enquanto outras, ao contrário, podem ser realizadas ou assistidas por animais treinados, mas não pelas máquinas. Há uma diferença, porém: nenhum de nós nunca pensou que pudesse ser superado ou substituído por um animal no exercício da sua profissão, ao passo em que, no caso das máquinas, essa tem sido uma preocupação constante, pelo menos desde a invenção dos primeiros teares automáticos, há cerca de dois séculos e meio.

O problema é que, ao contrário do que se dá com o uso dos animais como instrumentos de trabalho, na automação, ocorre aquilo que Régis Debray, em entrevista a Scheps (1996, p.219) chamou de "excorporação das faculdades humanas", que são depois reincorporadas nas máquinas, por meio dos programas de computador. Nas palavras de Vieira Pinto (2004, v1, p.92)

> Toda produção de artefatos contém a transferência da idéia de uma ação, concebida e dirigida pelo sistema nervoso, para um dispositivo material exterior, que deve imitar ou realizar com maior rendimento alguma das funções do sistema pensante vivo.

Mas os sistemas automáticos vão além da "reincorporação" de habilidades porque, em muitas atividades, a exemplo da pilotagem de aviões, os sistemas automáticos recebem inúmeros dados coletados por dispositivos de mensuração, que substituem e amplificam os sentidos humanos, integrando dados com velocidade e exatidão sobre-humanas. Mesmo a simples capacidade de armazenar dados em larga escala, que é a mais banal das capacidades dos computadores, é superior às possibilidades do cérebro. Enquanto os dados armazenados são usados sob controle direto de um operador, não se evidencia um problema epistemológico. Contudo, na medida em que eles são processados de modo que o sistema tome decisões autonomamente, ou substitua o *savoir-faire* de alguém, o lugar das competências humanas é colocado em questão, assim com os limites e possibilidades da própria máquina. Esse, aliás, é um dos aspectos mais críticos da crescente presença do computador nos diversos campos da atividade humana invadidos pela automação: ao nos

tornarmos cada vez mais dependentes dos sistemas de automação, até que ponto seremos obrigados a abdicar das nossas percepções e juízos, em favor dos caminhos determinados pela máquina? E, por outro lado, até que ponto esses caminhos são confiáveis?

Na pilotagem de aviões, em especial, na medida em que os sistemas automatizados assumem a navegação, propriamente dita, o papel do piloto se desloca, de navegador para gerente de sistemas[14]. Paradoxalmente, porém, nas situações de emergência o piloto geralmente tem que demonstrar uma perícia que lhe é vedado exercitar nas situações de rotina. Por essa razão, os pilotos são obrigados a reciclagens periódicas em simuladores de vôo, para, em última análise, serem capazes de suprir as limitações dos sistemas automáticos, quando necessário. De fato, não só na aviação, como em muitos outros domínios, repete-se um intrigante padrão: por um lado, tornamo-nos rotineiramente dependentes da automação, seja por razões de segurança, economia ou conforto; por outro lado, não podemos confiar aos sistemas automáticos o controle pleno de situações excepcionais. Será, então, que em variados domínios de competências, o ser humano estaria destinado a se tornar uma espécie de *backup*, ou sistema sobressalente da máquina?

A importância dessas questões evidencia-se na seguinte passagem, do prefácio de um livro destinado a pilotos profissionais (Risukhin, 2001, p.):

> Com muita freqüência, ouvimos falar sobre a automação que inibe o desempenho humano. Isso ocorre de várias maneiras, seja em função do excesso de confiança[15] na automação, que provoca a erosão das habilidades do piloto, ou ainda devido às mudanças na carga de trabalho do piloto, o mascaramento de dados críticos ou simples mau funcionamento [dos sistemas].

Justamente, esse apassivamento e essa submissão do ser humano diante da máquina precisam ser urgentemente colocados em questão, mesmo porque correspondem, na prática à submissão de pessoas a outras pessoas, que atuam indiretamente, através dos sistemas automáticos.

É inevitável, e até mesmo desejável, que certas competências humanas sejam deslocadas pelo progresso tecnológico. Por outro lado, é imprescindível que sejam asseguradas, no processo educacional, as competências necessárias para que as pessoas

---

[14]Esse termo, um tanto revelador, foi-me sugerido por um piloto de jato comercial com mais de trinta anos de experiência na aviação civil.

[15]"overreliance", no original.

possam agir em contexto, mantendo o juízo crítico e epistemológico sobre os próprios atos, em particular na cooperação com as máquinas.

1.4 Automação, educação e emancipação

O presente trabalho não se detém sobre os meios eletrônicos na educação, mas sobre o papel da educação em um mundo crescentemente automatizado, o que é bem diferente. "Os desafios educacionais" a que se refere o título do texto são pensados sob uma perspectiva emancipadora, portanto, distante da mera qualificação de mão-de-obra, ou de alguns programas de "inclusão digital" que preparam as pessoas para continuar servindo aos interesses do capital com mais eficiência, sem, contudo, contribuir substancialmente para a mudança das estruturas econômicas e sociais. Na prática, tais ações paliativas são necessárias, mas a longo prazo, não resolvem as contradições determinadas pela nossa herança cibernética, de certo modo resumidas na seguinte passagem de Celso Furtado:

> [...] o particular dinamismo da sociedade capitalista tem sua causa primária no fato de que a estrutura de privilégios que lhe é inerente apóia-se na inovação técnica. Em outras palavras, porque assegura a reprodução dos privilégios, o avanço da técnica encontra nesse tipo de sociedade todas as facilidades para efetivar-se. Mas a absorção do progresso técnico em uma sociedade competitiva implica forte acumulação, e esta, *per se*, engendra pressões sociais no sentido de redução das desigualdades. Assim, a ação conjugada da inovação técnica e da acumulação concilia a reprodução dos privilégios com a permanência das forças sociais que os contestam (2000, p.17).

Nesse processo, o grande capital prospera por meio da cooptação de trabalhadores altamente qualificados para posições-chave, na concepção e operação dos meios tecnológicos. Ao mesmo tempo, mantém os menos qualificados para a periferia do sistema produtivo, em tarefas penosas e parcamente remuneradas. Além dos velhos mecanismos de opressão, e de outros novos, os atuais gestores do capital se valem do avanço tecnológico como instrumento de sedução, através do qual as chamadas classes médias são cooptadas para um modo de vida consumista, que lhes rouba a energia, o tempo e o capital que poderia ser investido na própria emancipação, e também na emancipação das camadas sociais desprestigiadas. Por outro lado, um contingente cada vez maior de jovens desempregados, com educação superior, convive lado a lado com profissionais que trabalham obsessivamente, pois tiveram sua carga cognitiva multiplicada pela utilização dos meios eletrônicos de comunicação e de processamento de dados.

Os chamados países ricos têm conseguido camuflar em parte as tensões daí decorrentes, exportando as indústrias poluentes e as tarefas intensivas em mão-de-obra pouco qualificada para os países subdesenvolvidos, enquanto mantém sob seu controle territorial as tarefas intensivas em conhecimento e as indústrias de mais alta tecnologia, que não lhes convém compartilhar. Os limites dessa estratégia, contudo, aparecem na medida em que, mesmo na atividade agrícola e nas indústrias de base, os trabalhadores diretamente alocados na produção perdem espaço para os autômatos, inexoravelmente. Além disso, os grupos econômicos transnacionais são cada vez mais independentes dos Estados, e ao maximizar seus lucros, propagam por todo o mundo as ações combinadas de opressão e cooptação por meios tecnológicos, aprofundando e ampliando as tensões de classe e entre as nações.

Claramente, parte da questão está em preparar as pessoas para que se integrem às profissões de alta tecnologia, para as quais existem *vagas*, em oposição àquelas profissões que desaparecem, ou cujos quadros encolhem, com a chegada da automação. Mas atribuir à educação essa função de treinar mão-de-obra é muito pouco – não só por razões éticas, e mesmo estéticas, mas também por razões práticas. Da mesma forma, é pouco atribuir à educação uma função *adestradora de emoções*, de modo que as pessoas sejam capazes de produzir em situações de sobrecarga intelectual e orgânica, provocadas não pela automação propriamente dita, mas pelo seu uso como instrumento na busca do lucro sem limites e sem finalidade social. Diante do equilíbrio frágil da economia mundial, é claro que a combinação explosiva entre poder tecnológico, descaso ecológico, opressão e exclusão social tem os seus limites.

Gorz (1996, p.231-235) analisa algumas experiências, já antigas, de se estabelecer nas fábricas um modelos de organização visando ao trabalho mais compensador para o empregado, em ambientes democráticos e pouco hierarquizados. Experiências bem-sucedidas para as empresas, exceto em um particular: ao tomarem contato com o seu próprio potencial de auto-gestão, dentro de um novo modelo de liderança, os trabalhadores se conscientizam de que podem ir além na demanda por maiores responsabilidades profissionais e por melhores condições de vida – o que entra em choque com as políticas empresarias tradicionais. E, na medida em que as experiências bem-sucedidas de determinadas empresas se dão ao preço da falência e desemprego em outras, não se tem ainda o embrião de um sistema econômico estável a longo prazo.

A tensão entre a demanda das empresas por trabalhadores cada vez mais consciente e conseqüentes, por um lado, e por outro lado, dóceis à exploração, não pode permanecer para sempre. Em algum momento, a sofisticação intelectual necessária para lidar com os modernos sistemas automatizados trará consigo as matrizes de uma nova mentalidade. O que proponho é que a educação seja uma força central para a definição e sedimentação de novas formas de organização do trabalho, que maximizem o potencial da automação como força emancipadora.

Mais do que nunca, a tecnologia, em especial aquela que decorre da nossa herança cibernética – um mundo de automação –, impõe novos rumos à educação, na busca primeiro, por uma sociedade viva, viável, e depois, por uma sociedade mais justa, composta por pessoas mais felizes. Em suma, rumos que estabeleçam a educação como força emancipadora real, pela via da da inteligência e do bom-senso. Sem propor respostas definitivas a esse desafio, o capítulo 6 do presente texto apresenta algumas sugestões nesse sentido.

1.5 Notas metodológicas

As notas que se seguem delineiam as principais opções metodológicas feitas ao longo da elaboração do presente texto, incluindo os referenciais teóricos que o fundamentam, com destaque dos autores respectivos. Mas não apresento um percurso "livre de impurezas", como se o trabalho tivesse se desenvolvido linearmente, de um planejamento muito bem feito, até sua conclusão. Ao contrário, devo ter a honestidade de admitir que a presente tese é antes o resultado de esforços intelectuais dispersos no tempo e nos temas, em meio a obrigações profissionais prosaicas, às vezes muito distantes dos temas aqui desenvolvidos, outras vezes tangenciando-os. Felizmente, o dever acadêmico agora me obriga a apresentar esses esforços sob a forma de um texto mais ou menos coerente.

Há quem critique o meta-discurso no trabalho acadêmico. Eu, porém, estou do lado daqueles que o consideram natural, e até mesmo necessário. Assim, optei por também fazer nessas notas o registro das circunstâncias em que o trabalho se desenvolveu, até o ponto em que esse registro me pareceu oportuno.

Trabalhei durante mais de dez anos como programador e analista de sistemas, antes de me dedicar em tempo integral à docência e à pesquisa. Por isso, não me formei profissionalmente no ambiente acadêmico, rigoroso na metodologia, mas flexível quanto aos

resultados. Formei-me no mundo da produção, com suas demandas inflexíveis por resultados, mesmo que sem metodologia. Tenho certeza de que até hoje o meu trabalho reflete esse viés. Por um lado, não me enquadro facilmente aos cânones metodológicos (que nem sempre compreendo). Por outro lado, tenho sempre a intenção (pretensão?) de realizar algo, ver os resultados concretos daquilo que faço. Como são posso mudar o mundo lecionando e escrevendo, desejo mudar mentes, para que por esse caminho, o mundo se transforme. Nesse sentido, aproximo-me de Flyvbjerg (2001), com sua abordagem "fronética"[16] das ciências sociais. Em linhas gerais, a idéia é que as ciências sociais não são propriamente epistêmicas, e se tentam sê-lo, acabam por afastar-se de seu melhor papel, o de inspirar soluções humanas para os problemas humanos. Discute-se se essa é ou não é uma abordagem adequada. Eu a acho muito mais atraente do que o estudo acadêmico pretensamente frio, dissociado "da analise reflexiva de objetivos, valores e interesses" (Flyvbjerg, 2001, p.53) próprios da condição humana.

Desisti de fazer um estudo etnográfico do mundo da aviação. Não fiz entrevistas, no sentido formal da palavra, mas tive diálogos frutíferos com diversos profissionais, já mencionados nos agradecimentos. De resto, as reflexões contidas no texto são fruto de diálogos mantidos com tantas outras pessoas, no decorrer de anos, dos quais obviamente não tenho registro sistemático. O trabalho acabou se transformando, de forma muito espontânea, em um estudo teórico e exploratório, que visa muito mais estimular outras investigações, por meio da colocação de questões pertinentes, do que fornecer respostas para as questões levantadas.

Freqüentemente, meu "método" é o seguinte: em busca de inspiração, faço um *tour* por bibliotecas e livrarias, virtuais e reais, assim como pelas minhas próprias prateleiras. Quando encontro um livro que me atrai, incorporo-o ao trabalho em andamento. Depois, tento encontrar as conexões que justifiquem a inclusão. Então, considero-me um paleontólogo ou arqueólogo das idéias, trabalhando sobre indícios e fragmentos esparsos dos saberes humanos. Às vezes funciona, às vezes não. A respeito desta tese, devo registrar que pelos menos cinco autores essenciais, especificamente, Vieira Pinto, Flyvbjerg (e através dele Aristóteles), Tomasello e Wiener, chegaram ao texto como resultado dessas excursões. Aliás, Wiener chegou porque vi um livro de sua autoria em mãos de um colega. Agora, estão todos juntos

---

[16] "phronetic", no original, em alusão à *phrónesis* aristotélica, conceito que será explorado ao longo do presente texto.

aqui. Mas, também é possível ver o processo por um outro ângulo: não foram propriamente os autores mencionados que chegaram ao texto, mas o texto foi quem chegou a eles, ou seja, construiu-se na medida em que tais autores eram consultados.

No que concerne a automação, parto de três premissas: primeiro, a de que a base material da vida, somada à capacidade humana para a abstração e a invenção, faz com que o desenvolvimento tecnológico seja um processo histórico inevitável; segundo, a de que a automação é o coroamento de um largo processo de desenvolvimento do pensamento, em si mesma desejável, devido ao seu potencial emancipador; terceira, a de que o desenvolvimento futuro da automação, a partir dos níveis atuais, é inexorável, ou seja, só é razoável pensar em um mundo cada vez mais automatizado, daqui para a frente.

No que concerne à percepção social da automação, penso que ela é fundamentalmente ingênua, tanto entre a população, em geral, quanto entre os especialistas (técnicos) e também entre aqueles que lidam com as "humanidades". O fetiche da máquina não nos deixa ver a máquina, então precisamos nos socorrer da filosofia, para enxergá-la diante dos nossos olhos. Daí o meu interesse em estudar nossa *herança cibernética*, em um esforço para desvendar o que há por trás das incontáveis *encarnações* da máquina.

A opção pelo estudo da cooperação humano-máquina na indústria e na pilotagem de aviões não foi casual. Em primeiro lugar, são duas áreas que me atraem, esteticamente, principalmente a aviação. Depois, trabalhei na indústria durante anos e tenho por lá alguns amigos. Além disso, um amigo e ex-aluno da Graduação, controlador de vôo no Aeroporto de Salvador, fez um trabalho de conclusão de curso, sob minha orientação, a respeito do apoio de decisão no controle de tráfego aéreo, usando uma técnica computacional chamada lógica nebulosa (ou lógica difusa, ou *fuzzy logic*). A partir daí, a aproximação com as áreas mencionadas foi natural. Do ponto de vista propriamente metodológico, ambas são áreas em que a cooperação humano-computador é levada ao limite, tanto em função da complexidade técnica dos sistemas sócio-técnicos, quanto em função das enormes responsabilidades envolvidas.

O quadro teórico da tese está construído em torno dos conceitos de competência, objeto dos capítulos 3 e 4, e de automação, objeto do capítulo 2. Com essa finalidade, exploram-se as idéias de **intencionalidade**, em Searle (1994; 1995a; 1995b), a **cibernética e suas aplicações**, em Wiener (1964; 1965; 1988), e a **teoria das ações** em Collins e Kusch (1999). Nas intercessões e confluências entre essas idéias e conceitos, buscam-se elementos

para a melhor compreendermos as relações entre seres humanos e autômatos. Inicialmente, Planejava trabalhar com a ergonomia, ou mais propriamente, com a bibliografia ligada ao "fator humano". Contudo, conforme o trabalho se tornou mais densamente filosófico e político, os aspectos cognitivos e de eficácia operacional, na relação entre humanos e máquinas, ficaram em segundo plano.

No âmbito das referências, a obra monumental de Álvaro Vieira Pinto, "O Conceito de Tecnologia" (2004), permeia todo o trabalho, em particular a idéia recorrente de **avanço tecnológico como força emancipadora**. As propostas pedagógicas são de inspiração paulofreiriana, embora inextricavelmente ligadas a influências diversas na filosofia e na sociologia das ciências.

Minha crença na inamovível **ascendência do ser humano sobre a máquina** tem raízes metafísicas, mas está bem fundamentada, filosófica e sociologicamente. Os principais referências a respeito são Vieira Pinto (2004), Searle (1994; 1995a; 1995b; 1996; 1997; 1998; 2000), Collins (1992a; 1999) e Tomasello (1999, 2000, 2003). Embora esse último não discuta especificamente a questão da inteligência artificial, seu pensamento, em muitos aspectos, vai ao encontro do pensamento dos outros autores mencionados. Sinto, agora, ter deixado de fora dessa discussão Roger Penrose (1994; 1995; 1997; 1999), cujo livro "The Emperor's New Mind", originamente publicado em 1989, e depois traduzido como "A Mente Nova do Rei" (1991), despertou-me para a profundidade das questões envolvidas na relação humano-computador. Embora Penrose às vezes seja taxado de filosoficamente "ingênuo", minha intuição me diz que suas posições a respeito da relação humano-máquina merecem mais crédito do que lhes tem sido dado[17]. Suspeito que a *ingenuidade filosófica* de Penrose ronda o meu trabalho, por caminhos sutis.

A elucidação de conceitos ocupa uma parte substancial do texto. No caso da automação, filha da cibernética, trata-se sobretudo de buscar sua gênese e seu significado. Por um lado, é um tópico a respeito do qual os especialistas na matemática e engenharias normalmente abordam ingenuamente, em termos filosóficos, políticos e sociológicos – no que aliás, não rendem homenagem a Norbert Wiener, cujos estudos pioneiros, extremamente técnicos, estão sempre entremeados de preocupações de ordem humanística, tratadas cuidadosamente. No caso das competências (no plural) ou competência (no singular), são termos polissêmicos, semanticamente carregados, hoje usados abusivamente no quadro de

[17]Sem levar em conta o crédito que se lhe dá como físico teórico e matemático de primeira linha.

referências de uma mundo empresarial rendido aos lucros de curto prazo. Nesse contexto, competente é aquele que dá resultados financeiros rapidamente, e ponto final. A isso se junta a confusão conceitual entre competências e qualificações, que precisa ser desfeita. Estabelecer um campo semântico fértil para o conceito de competência, ou competências, no contexto da tese, é o objetivo do capítulo 3. No capítulo 4, estabelece-se o conceito de *ser competente*, deliberadamente ambíguo, significando ao mesmo tempo um adjetivo e um processo em constante evolução.

Esse esforço teórico parece ser uma decisão metodológica adequada, porque, ao tratar da relação entre pessoas e máquinas, sob uma perspectiva pouco ortodoxa, a tese proposta não pode se fundamentar em categorias consolidadas, necessitando, em larga medida, que se limpe o terreno e se estabeleçam os alicerces conceituais sobre os quais os argumentos se desenvolverão.

A interlocução com o o amigo e orientador Prof. Robinson Tenório foi intensa e proveitosa. Nossa sintonia construída ao longo de oito anos de diálogo nos permitiu realizar muito em pouco tempo, mormente nas idas e vindas ao Aeroporto de Salvador. O telefone e o e-mail foram nossos aliados. Claro, aí não se incluem as horas de leitura meticulosa que ele dedicou ao meu trabalho. Quero agradecer especialmente ao Prof. Robinson pela sugestão de que Paulo Freire fosse *convidado* a participar do trabalho, de modo que a perspectiva da automação como instrumento de libertação, em Vieira Pinto, encontrasse seu complemento na **educação como *práxis* libertadora**, do estimado Educador pernambucano. Com o correr do trabalho, descobri que esses dois nomes que honram o nosso País dialogaram entre si, ainda em vida. Minha apropriação e entrelaçamento de seus discursos não faz jus à sua contribuição filosófica e pedagógica, mas exprimem os ensaios honestos de um aprendiz e admirador.

Na minha entrevista para admissão no Doutorado da FACED, um dos professores presentes colocou em questão dois aspectos da minha proposta de trabalho, à época. Primeiro, a falta de referenciais propriamente pedagógicos, e segundo, a idéia de tratar do tópico “competência”, que, segundo o referido Professor é um termo por demais “carimbado”. Em meu favor, reconheci a insuficiência do referencial pedagógico, mas aleguei que estaria disposto assimilá-lo, durante o Doutorado, ao passo em que poderia dar alguma contribuição ao Programa, com o aporte das minhas reflexões filosóficas sobre a tecnologia. Sobre o outro ponto, uma Professora presente veio em meu socorro, afirmando que o talvez estivesse na hora de retirar do conceito de competência um certo estigma, com o que concordei de

imediato. Espero que a tese reflita o meu empenho em cumprir o compromisso assumido com a FACED, que generosamente acolheu um *outsider*, técnico por formação, e aprendiz de educador.

Duas observações da minha Banca de Qualificação foram de fundamental importância para que a tese tomasse os rumos que tomou, no decorrer do último ano. Primeiro, a recomendação do Prof. Dr. Roberto Sidnei Macêdo de que o trabalho se tornasse mais político, que acatei, *volontiers*! O trabalho se tornou político, seguramente, mas não sei se com a competência esperada pelo querido Mestre. Outra recomendação, esta do Prof. Dr. Jonei Cerqueira Barbosa, também foi muito bem-vinda. Ele me alertou para o fato de que a expressão "*fly-by-wire*", que constava do título proposto para a tese, estava deslocada, pois não tinha centralidade no texto da qualificação. A partir desse alerta, ficou claro, para mim, que eu de fato desejava explorar horizontes mais largos do que a pilotagem de aviões, e aprofundar a discussão teórica de certas idéias, ainda que em detrimento da profundidade na discussão da automação aeronáutica, propriamente dita. Então a estrutura da tese modificou-se bastante, tornando-se mais abrangente, e passando a incluir, além da pilotagem de aviões, a questão da automação industrial. Claro que nem a minha inabilidade no trato das questões políticas, nem as indisfarçáveis insuficiências de uma tese demasiadamente horizontal são de responsabilidade dos professores. Apenas deixo registrado o meu reconhecimento por sua contribuição, que me aproximou muito mais do trabalho que eu realmente gostaria fazer.

Ao fim dessas notas metodológicas, creio ser adequado comparar o presente texto a um mosaico, construído na esperança de proporcionar ao leitor um quadro razoavelmente coerente de uma área de investigação com múltiplas intercessões. Nele estão registrados os meus esforços de trazer à luz e combinar conceitos oriundos de várias disciplinas, visando contribuir de forma relevante para as reflexões sobre a educação, em um mundo cada vez mais automatizado. Como todo mosaico, é um texto cheio de interstícios, lacunas e arestas, que em conjunto, ostentam imperfeições que não pretendo esconder. Mas também à maneira dos mosaicos, é um texto que aproveita fragmentos de diversos tamanhos, formatos e cores, que de outro modo continuariam esparramados, sem chamar a atenção. Agora justapostos, espero que não passem desapercebidos.

Um mosaico é sempre uma obra inacabada, o que constitui, a um só tempo, o seu maior inconveniente e a sua maior virtude. Se, por um lado, o aspecto de obra incompleta e imperfeita às vezes incomoda ao observador, por outro lado o convida a ensaiar as suas

próprias contribuições. Muda-se um fragmento aqui, cola-se outro ali, substitui-se mais um acolá, e o resultado é uma imagem melhor, que aprimora a original, sem descaracterizá-la.

A produção do texto foi algo acidentada. Algumas vezes, simplesmente não pude encontrar um fragmento faltante, outras vezes, os fragmentos não se encaixaram a contento; freqüentemente, os espaços entre peças vizinhas me pareceram demasiadamente largos. Angustiei-me com a dimensão da tarefa e me impacientei com a meticulosidade requerida para levá-la a termo. Certamente, a contaminação dessas emoções se revelará ao leitor cuidadoso.

Se o resultado dos meus esforços é uma tese acadêmica, stricto *senso*, francamente não sei. Não obstante, espero que é o quadro formado seja instigante, e quem sabe, até mesmo inspirador. No mais,

> os que levam a preocupação metodológica até a obsessão nos fazem pensar nesse doente, mencionado por Freud, que passava seu tempo a limpar os óculos sem nunca colocá-los (Bourdieu, Chamboredon e Passeron, 2004, p.14).

Eu limpei os óculos o quanto pude. Chegou, enfim, o momento impostergável de colocá-los.

2 Automação, Herança Cibernética

O presente capítulo tem como objetivo subsidiar o debate em torno das implicações epistemológicas, cognitivas e sociais da automação. Para tanto, são explorados alguns dos seus aspectos fundamentais, nos campos conceitual, histórico e tecnológico. Em particular, o vínculo entre automação e cibernética é explicitado, estabelecendo-se o conceito de automação que servirá como base para as discussões posteriores.

A automação surgiu como técnica há pelo menos dezessete séculos, e durante a maior parte desse tempo se desenvolveu de forma totalmente empírica. Porém, no seu atual estágio, ela é herdeira direta dos estudos em comunicação e controle, definidores da cibernética, desde o seu nascimento como campo de estudos independente, que ocorreu durante a II Guerra Mundial. Hoje em dia o nome “cibernética” está praticamente fora de uso, mas o *olhar cibernético* enraizado nas ciências, na computação e nas engenharias, influencia fortemente a organização dos sistemas de produção. Nas seções seguintes, as determinantes e as conseqüências dessa influência são explorados sob diversos ângulos.

Na seção 2.1 são explicados os princípios e conceitos da cibernética e da automação. Embora não exista um conceito único de automação, uma definição é estabelecida, a partir da convergência de diferentes perspectivas, de acordo com o campo de análise do presente trabalho.

A seção 2.2 analisa a o desenvolvimento da automação, condicionado pela tecnologia disponível em cada tempo, e também pelo aprimoramento do ferramental teórico pertinente. As componentes de hardware e software presentes nos sistemas automatizados são discutas de forma breve. Por fim, discutem-se as razões para a hegemonia do computador eletrônico digital como dispositivo de controle, nos sistemas de automação.

A seção 2.3 elucida os conceitos de cibernética e de automação por uma perspectiva histórico-crítica. O momento histórico em que a cibernética surge é analisado nas suas componentes sociais, econômicas, ideológicas e tecnológicas. A passagem da escravidão à mão-de-obra assalariada, e a substituição dessa pelas máquinas, em especial as máquinas cibernéticas, são explicados como partes de um mesmo processo de aperfeiçoamento dos modos de produção capitalista.

A seção 2.4 explica as causas da ampla difusão da automação, tomando como ponto de partida a eficácia dos processos produtivos, em sentido amplo. Os benefícios realizados ou potenciais da automação são discutidos a partir da compreensão da lógica da substituição de determinados tipos de esforço humano por operações automáticas.

Na seção 2.5 discute-se os insucessos da automação, e as suas causas, sob uma perspectiva sistêmica. A complexidade operacional dos sistemas cibernéticos é invocada como motivo de perplexidade e impotência das pessoas, o que nos remete ao potencial da automação como instrumento de opressão e desqualificação do trabalhador.

2.1 Fundamentos

De acordo com o dicionário Webster (1979), a palavra “autômato” vem do grego “*autómatos*”, que quer dizer “dotado de movimento próprio”. Nesse sentido, a automação seria o uso de dispositivos dotados de movimento próprio (máquinas mecânicas), em substituição aos movimentos humanos, na realização de tarefas físicas. Por outro lado, se a palavra “movimento” for entendida em sentido amplo, englobando certas operações mentais, além das operações manuais, a automação pode ser definida como “a execução, por um a máquina[18] (normalmente um computador) de uma função que antes era realizada por um ser humano” (Parasuraman e Riley, 1997, p.231). O termo “machine agent”, usado pelos autores, enfatiza o fato de que a máquina em questão é peça ativa na realização de uma tarefa, e não apenas uma ferramenta sob controle direto das mãos humanas. De acordo com essa definição, o computador de bordo de uma moderna aeronave se caracteriza como autômato, o que é natural. Porém, o motor de partida de um automóvel também seria um autômato (conforme exemplo dos autores citados), uma vez que, no passado, a partida do motor tinha que ser dada à mão, com auxílio de uma manivela. Essa caracterização, porém, é discutível, pois a simples

[18]“machine agent”, no original.

colocação de um motor em movimento não é exatamente o tipo de contribuição que se espera de um autômato moderno. Para Parasuraman e Riley, contudo, o que se considera automação muda com o tempo. Logo,

> Quando a realocação da função do ser humano para a máquina é completa e permanente, então a função tenderá a ser vista simplesmente como uma operação de máquina, não como automação. [...] A automação [sic]de hoje pode bem ser a máquina de amanhã (Parasuraman e Riley, 1997, p.231).

Seria mais exato dizer "O autômato de hoje...", significando uma das máquinas automáticas que compõem um sistema[19]. Então, os motores de partida, assim como os elevadores dos edifícios, estariam justamente na categoria de ex-autômatos, ora vistos como simples máquinas. Contudo, esse conceito movediço de automação não serve aos propósitos do presente trabalho, porque oculta justamente as questões de base que se pretende aprofundar. De certa forma, ao se chamar hoje de máquina o que ontem se chamava de autômato, procede-se uma naturalização do objeto, dissimulando as suas nuances históricas e sociais. Há máquinas que são qualitativamente diferentes de outras, representando desafios epistemológicos e pedagógicos especiais. É importante que essas diferenças não se apaguem ao uso ingênuo das palavras.

Quadro 1: Níveis de Automação

10	A máquina *decide* tudo e atua autonomamente, sem intervenção humana
9	A máquina informa ao ser humano sobre suas ações apenas se ela *decidir* fazê-lo.
8	A máquina informa ao ser humano apenas se solicitada a fazê-lo.
7	Executa as operações automaticamente e obrigatoriamente informa ao ser humano.
6	A máquina dá ao ser humano um intervalo de tempo para impedir uma operação automática.
5	A máquina executa a operação sugerida, se aprovada pelo ser humano.
4	A máquina sugere uma alternativa
3	O conjunto de opções oferecido pela máquina é reduzido
2	A máquina oferece um conjunto completo de opções de ações e/ou decisões.
1	A máquina não oferece assistência. O ser humano toma as decisões e age.

(Adaptado de Parasuraman, Sheridan e Wickens, 2000, p.287)

---

[19] Dependendo do nível de análise, a máquina sozinha, ou acompanhada de um ou mais operadores pode ser o próprio sistema em foco.

Ainda buscando uma melhor sedimentação do conceito, em um artigo posterior, Parasuraman, Sheridan e Wickens (2000, p.287), assinalam que

> a automação não é um tudo ou nada, mas pode variar ao longo de um *continuum*, do nível mais baixo de uma performance totalmente manual ao nível mais elevado de automação plena.

Eles caracterizam, então, oito níveis intermediários de automação, entre esses dois extremos, de acordo com o relativo grau de autonomia da máquina, que se manifesta na distribuição das funções entre ela e os seres humanos (Quadro 1). O motor de arranque, portanto, que funciona no nível 1, nem chega propriamente a constituir um sistema automático, porque, nesse nível, essencialmente não há automação.

Resta, porém, um problema conceitual a ser resolvido, já que uma máquina pode substituir os seres humanos por diversas vias, em circunstâncias distintas, de modo que qualquer um dos níveis propostos na tabela pode, na verdade, fazer referência a modalidades diferentes de automação. Por exemplo, uma máquina de lavar roupas convencional substitui o ser humano por meio da execução de um programa extremamente simples, que não leva em consideração nenhuma variável externa. No outro extremo, o piloto automático substitui o piloto humano durante a maior parte de um vôo normal, por meio de um programa altamente complexo, que recebe permanentemente os *inputs* oriundos de diversos sensores instalados no avião. De acordo com a tabela, ambos os sistemas atuam no nível 10, embora se relacionem com os seus usuários e operadores em níveis totalmente distintos. Por conseguinte, não é possível estabelecer um vínculo preciso entre cada um dos níveis propostos e as condicionantes cognitivas e epistemológicas do relacionamento entre as pessoas e os sistemas automatizados.

Outro problema a assinalar é que a simples substituição do esforço físico repetitivo não é um critério preciso para se definir automação, porque certas tarefas já nasceram automatizadas, e não faz sentido pensar nelas de outra maneira. Um exemplo do dia-a-dia são os sistemas de injeção eletrônica de combustível, hoje empregados em todos os automóveis. Tais sistemas ajustam continuamente o regime de funcionamento do motor às condições de temperatura, pressão, aceleração e, atualmente, até mesmo às características da mistura entre álcool e gasolina, o que é algo que o motorista jamais teria como fazer manualmente, mesmo se tivesse todos os dados pertinentes disponíveis no painel. Existem ainda tarefas que poderiam ser realizadas por seres humanos apenas em princípio, mas não na prática. É o caso,

por exemplo, das explorações interplanetárias e submarinas de grande profundidade, realizadas por sondas-robôs, sob condições extremas de temperatura e pressão. Portanto, em muitos casos a automação não substitui propriamente o ser humano, mas estende suas capacidades físicas e cognitivas por diversos meios.

Na busca por um conceito de automação que permita a análise dos aspectos epistemológicos, sociais e cognitivos da cooperação entre os seres humanos e as máquinas, proponho uma outra dimensão de análise, a partir da consideração sobre os mecanismos internos da máquina, que podem ser pensados em quatro níveis:

No primeiro nível, a máquina é construída de modo a executar uma única tarefa, ou seqüência de tarefas, sempre da mesma maneira. Nessa categoria estão os moinhos movidos a roda d'água, os bate-estacas, que dão martelada após martelada, repetitivamente, e os motores de arranque dos automóveis, conforme exemplo supracitado.

No segundo nível, a máquina pode ser programada para realizar diferentes tarefas, sem alterações significativas na disposição de seus componentes, mas, para cada programa, as tarefas são ainda executadas sempre da mesma forma, caso não haja intervenção humana em sentido contrário. Exemplos desse tipo de máquina são o tear de Jacquard, do início do século XVIII[20], assim como as modernas máquinas de costura, capazes de aplicar diferentes pontos ao tecido, a partir de um ajuste simples do seu mecanismo.

No terceiro nível, a máquina executa as tarefas pré-definidas, mas a seqüência das operações se altera em função dos efeitos causados pelo próprio funcionamento da máquina, em um processo de retro-alimentação, que consiste na medição de determinadas variáveis, seguida de ajustes no funcionamento da máquina de acordo com os valores medidos. Nas palavras de Wiener, retro-alimentação é o "controle da máquina com base no seu comportamento *real*, em vez do comportamento *esperado*" (1965, p.24, grifos do autor). Nesse caso, falamos de *máquina cibernética*. Esse é o tipo de máquina dominante nas aplicações atuais da automação, e que interessa de perto ao presente trabalho. Um exemplo corriqueiro de máquina cibernética é o condicionador de ar que mantém a temperatura ambiente dentro de um limite definido, automaticamente.

No quarto nível, o processo de retro-alimentação não altera apenas a seqüência de operações da máquina, mas os parâmetros definidores do funcionamento da máquina, e do próprio tratamento da retroalimentação. Pode-se falar aqui de uma

---

[20] Considerado talvez a primeira máquina "programável". Ver Ifrah (1997, v.2).

retro-alimentação de segunda ordem. Em outras palavras, a máquina não ajusta apenas o seu funcionamento, mas também a forma de ajustar o próprio funcionamento. Aos sistemas dotados dessa propriedade auto-transformadora, às vezes dá-se o nome de sistemas capazes de *aprender,* como faz Wiener (1988, p.61):

> A retro-alimentação é um método de se controlar um sistema reinserindo nele os resultados da sua operação pregressa. Se esses resultados são usados apenas para a crítica do sistema e sua regulação, nós temos a retro-alimentação simples dos engenheiros de controle. Se, no entanto, a informação procedente do comportamento do sistema é capaz de mudar o método e os padrões gerais desse comportamento, nós temos um processo que pode ser chamado de aprendizado.

Levando em consideração que Wiener não estabelece diferença em princípio entre os sistemas naturais e artificiais, esse uso da palavra aprendizado é legítimo, por exemplo, em referência às organizações, que envolvem pessoas em processo de aprendizado coletivo. Por outro lado, no que diz respeito aos sistemas artificiais (em especial os computadores), o uso do termo "aprendizado" só se sustenta se ficar claro qual é "o pensamento encoberto pelas expressões habituais", como quer Vieira Pinto (2004, v.2, p.600). No caso em foco, a clareza consiste em reconhecer que, àquilo que se chama de aprendizado, na máquina, falta o essencial do aprendizado humano, isto é, "sua natureza existencial, que é determinada pela finalidade representada pela preparação do homem para o convívio com os demais nos atos da produção social de bens materiais ou de idéias" (Pinto, 2004, v.2, p.601). Feito esse esclarecimento, cabe observar que as máquinas que "aprendem", cujo desenvolvimento está no domínio da inteligência artificial, ainda não são encontradas em larga escala nos sistemas de produção.

Para os fins do presente trabalho, **o conceito de automação é indissociável da idéia de auto-regulação**, ou seja, dos níveis primeiro e terceiro de funcionamento da máquina ou do sistema, explicados acima. Portanto, só se considera automático um dispositivo capaz de monitorar e alterar o seu próprio funcionamento, em função de alterações das condições ambientais, das suas condições internas, ou de ambas. Sob esse ponto-de-vista, um caixa eletrônico de banco é um dispositivo automático, porque é capaz de realizar transações que implicam no monitoramento de diversos fatores, tais como o saldo do cliente, a operacionalidade das linhas de comunicação e a quantidade de cédulas existentes no depósito interno. Assim, a máquina avisa quando não há saldo suficiente para uma transação, indica ao

cliente que tipos de cédulas estão disponíveis e desfaz por completo as transações iniciadas mas não completadas devido a alguma falha na comunicação. Por outro lado, uma roda d'água que aciona um pilão não é um dispositivo automático, de acordo com o conceito adotado aqui, porque não responde *de maneira significativa* às alterações do meio. Portanto, se o fluxo de água diminui, a roda simplesmente deixa de funcionar direito, ou pára, sem qualquer aviso. Da mesma forma, se o fluxo de água aumenta muito, o mecanismo responde com o aumento indesejado do ritmo do pilão, podendo até se quebrar, devido à ausência de um dispositivo que mantenha a rotação em níveis razoáveis. Em outras palavras, a roda d´água não possui um sistema de monitoramento e nem um sistema de controle.

Nessa mesma linha de análise, outros exemplos de dispositivos automáticos são: a transmissão automática, que engrena a marcha mais adequada, conforme a rotação e torque do motor, a velocidade do veículo e a pressão sobre o acelerador; a máquina de jogar xadrez, que calcula lances originais, de acordo com as jogadas do adversário; as torradeiras elétricas, que controlam o nível de aquecimento do pão, e desligam sozinhas quando atingem uma temperatura previamente definida; os sistemas de admissão dos reservatórios, que interrompem o fluxo de água quando o reservatório enche[21]; os telefones celulares, que se adaptam sozinhos às mudanças nas condições de recepção do sinal das antenas, em sua área de abrangência; as lâmpadas de iluminação pública, que acendem e apagam sozinhas, com a chegada da noite e do dia; as máquinas fotográficas de foco automático; os rádios que sintonizam sozinhos as estações; os elevadores prediais, que determinam o próprio roteiro de subidas e descidas, de acordo com os comandos recebidos[22]. Os exemplos poderiam se suceder, indefinidamente. De fato, vivemos em um mundo tão permeado pela automação que seria praticamente impossível mencionar todos os dispositivos automáticos que nos cercam[23].

---

[21] A alimentação de uma caixa d'água comum é, aparentemente, um sistema simples demais para ser caracterizado como automático, mas, na verdade, a auto-regulação do nível de fluido em um reservatório é uma das primeiras aplicações conhecidas dos princípios da automação.

[22] Nos elevadores mais modernos, entram em cena outras variáveis, tais como o peso da cabine, posição de outros elevadores do mesmo conjunto, além do tempo de espera dos usuários em cada andar. O que se deseja, com esse aumento da complexidade do dispositivo, é a redução do consumo de energia elétrica, o aumento do conforto dos passageiros e a redução dos custos com manutenção.

[23] E que são uma das características definidoras do modo de vida nas sociedades industrializadas. Atualmente, a prosperidade econômica dos países está intimamente ligada ao nível de automação das suas atividades econômicas, embora nem todos os grupos sociais se beneficiem igualmente dos incrementos de riqueza daí decorrentes.

A auto-regulação é a capacidade de uma máquina, ou sistema, de controlar o seu próprio funcionamento através da retro-alimentação. Quando, ao funcionar, a máquina (ou sistema) auto-regulada altera os valores de determinadas variáveis, essas alterações são medidas, comparadas com valores de referência e, conforme os resultados da comparação, os parâmetros de funcionamento são alterados, a fim de que as variáveis medidas permaneçam dentro de uma faixa especificada[24]. Quanto mais numerosos e complexos são os mecanismos que proporcionam a uma determinada máquina a propriedade de auto-regulação, maiores são os desafios por ela representados, nos aspectos de engenharia, assim como nos de ergonomia, e também no campo epistemológico.

Voltando ao exemplo do condicionador de ar, um dispositivo chamado termostato compara o ajuste de temperatura feito pelo usuário com a temperatura aproximada do ambiente. Então, se a temperatura ambiente for mais baixa, o compressor ou o ventilador param ou reduzem suas atividades, e se a temperatura ambiente for maior do que a desejada, acontece o processo inverso, isto é, o compressor ou o ventilador têm o ritmo de trabalho aumentado. Na prática, esse processo mantém a temperatura ambiente oscilando em torno do valor ajustado[25]. Nos sistemas de ar-condicionado, oscilações da ordem de 5 a 10% são aceitáveis, mas em sistemas de alta precisão, a exemplo de certos processos industriais e da navegação aérea, a auto-regulação se dá dentro de margens muito mais estreitas.

É importante notar que a auto-regulação pode se manifestar no plano simbólico, no plano físico ou em ambos, em uma mesma máquina. Quando o caixa eletrônico cancela uma operação por falta de saldo, ou porque o valor da transação excede o permitido, ocorre uma auto-regulação no plano simbólico, pois uma transação bancária é um ente abstrato. Porém, quando esse mesmo equipamento conta as cédulas para satisfazer a um pedido de saque, a auto-regulação se realiza também no plano físico: a contagem cessa, e as cédulas são liberadas para o cliente quando atingem o montante requerido. Ao mesmo tempo, o saldo do cliente

---

[24] Vale ressaltar que não se caracteriza um controle por retro-alimentação quando a ação corretiva é independente da variável controlada. Em outras palavras, para que se caracterize formalmente a retro-alimentação, é necessário que a variável a ser controlada seja medida (Mayr, 1970).

[25] Embora um sistema como esse seja atualmente muito simples e barato, a maioria dos automóveis conta com aparelhos de ar-condicionado "burros", ou seja, desprovidos de auto-regulação, de modo que cabe ao motorista ajustar o nível de funcionamento do aparelho para manter a temperatura confortável, na medida em que as condições ambientais se alteram, como, por exemplo, ao cair da tarde. Essa é uma das muitas situações em que a automação deveria ser de uso corriqueiro, mas é ainda apresentada como um "diferencial de mercado" (só os automóveis mais caros possuem condicionadores de ar "inteligentes).

deve ser debitado no valor correspondente ao saque, o que consiste em uma operação simbólica, ainda fruto da auto-regulação.

A torradeira, a transmissão automática e o elevador são dotados de auto-regulação no plano material; o corretor ortográfico e a máquina de jogar xadrez, no plano simbólico; o caixa eletrônico, em ambos os planos. Por outro lado, uma batedeira de bolo, uma furadeira elétrica, um automóvel antigo e um avião da I Guerra Mundial não possuem auto-regulação, e portanto não podem ser caracterizados como autômatos. Um elevador antigo, daqueles que requerem um ascensorista para atender às chamadas, é um autômato primitivo, que tem a capacidade de parar sem incidentes quando chega no último e no primeiro andar, independente dos comandos recebidos.

A auto-regulação pode ser implementada de inúmeras formas. Atualmente, ela é normalmente associada à computação eletrônica digital, mas essa não é, em absoluto, uma associação necessária, nem tampouco suficiente. Em tese, um sistema computadorizado pode não ser auto-regulável, e executar sempre a mesma seqüência de operações, embora, na prática, isso dificilmente ocorra. Historicamente, os sistemas auto-regulados têm sido implementados por meios mecânicos, eletrônicos (analógicos ou digitais), eletromecânicos, pneumáticos e hidráulicos. É justamente na relativa independência entre tecnologia e função que se encontra o nexo entre automação e cibernética.

Cada autômato – substantivo pertinente, apesar de *demodé* – incorpora e manifesta a automação até um certo nível. Podemos dizer que o grau de complexidade do autômato é proporcional ao número de estímulos internos e externos aos quais ele responde, e à diversidade de formas por meio das quais responde a esses estímulos. Cabe lembrar, contudo, que nem toda máquina que responde a estímulos externos é um autômato. Assim, por exemplo, um carro comum tem nível de automação zero, no que diz respeito à direção, porque, embora responda ao esforço do motorista sobre o volante, não tem qualquer mecanismo para impedir que um gesto brusco tire o carro da pista, faça-o capotar ou colidir com outros veículos. Na verdade, o carro comum não faz nenhum movimento significativo sem o controle direto do motorista[26]. Um elevador comum, por outro lado, responde de foram limitada às chamadas dos passageiros, por meio dos botões, e também é capaz de parar e abrir as portas na posição correta. Elevadores mais sofisticados respondem às chamadas de forma

---

[26] E, por outro lado, não corrige qualquer tipo de descontrole do motorista. Em contrapartida, um automóvel com defeito pode se movimentar de forma independente, mas não significativa.

mais eficaz, otimizando seu percurso, priorizam o atendimento aos andares em maior espera e são até mesmo capazes de adaptar a ordem das subidas e descidas ao peso da cabine, de modo a não atenderem chamados quando sua capacidade já estiver esgotada. Se os elevadores modernos se comportam de forma mais complexa do que os antigos, é porque eles respondem a um número maior de variáveis, e o conjunto de estados internos que seu sistema regulador pode assumir é muito maior do que em um elevador comum.

A cibernética foi definida por Wiener (1965) como "a ciência do controle e da comunicação, no animal e na máquina". O termo vem do grego "kybernetes", que significa "timoneiro", ou seja, aquele que controla o navio, corrigindo eventuais desvios para mantê-lo no curso desejado. As palavras-chave no estudo da cibernética são "comando", "coordenação", "regulação" e "controle" (Ashby, 1970, p.1), e os esforços teóricos e práticos no campo da automação, segundo Couffignal (apud Epstein, 1986, p.10), podem ser resumidos como "a arte de tornar a ação eficaz". Vale ressaltar que a cibernética não diferencia, em princípio, o *status* ontológico das máquinas, dos seres humanos e dos outros animais. Na verdade, a noção de ontologia até certo ponto se dissolve, ao se afirmar que a cibernética "não aborda coisas, mas modos de comportar-se. Não inquire 'o que é essa coisa?', mas 'o que ela faz?'". Portanto, para a cibernética "a materialidade é irrelevante" (Ashby, 1970, p.1, grifos no original). Conseqüentemente também são irrelevantes, em tese, os meios tecnológicos usados para implementar um sistema, desde que ele funcione como esperado[27].

Conforme assinala Dupuy (1996, p.9) o nome cibernética "saiu de moda, para usar um eufemismo". O que vale dizer que o termo, atualmente não é mais usado, é pouco conhecido e, mesmo entre os que o conhecem, soa um tanto quanto anacrônico. Porém, prossegue Dupuy, "de 1954 para cá, o projeto adotado pelo grupo cibernético não cessou de voltar ao estaleiro, cada vez com um nome diferente" (1996, p.9). Diríamos, mesmo, vários nomes, que coexistem e até mesmo se sobrepõem. Por exemplo: automação, ciências cognitivas, inteligência artificial, robótica, mecatrônica, psicologia cognitiva e controle de processos são, em diferentes sentidos, expressões que herdam da cibernética algo do seu significado original. A automação, na forma abrangente como se apresenta hoje em dia, incorpora um pouco das

---

[27] O que não significa dizer que a cibernética, ou mais precisamente, os ciberneticistas, não se preocupem com os aspectos éticos, estéticos e políticos da automação e de outras formas de controle (social, psicológico). Norbert Wiener, por exemplo, cujo clássico "Cybernetics", publicado em 1948, é considerado como livro fundador, foi um cientista extremamente atento às questões do seu tempo, e muito preocupado com o mau uso das descobertas científicas.

descobertas e dos instrumentos de todas essas áreas que lhe são afins, pelo parentesco comum com a cibernética.

2.2 Automação e tecnologia

A automação, hoje em dia, baseia-se em um amplo e bem estabelecido corpo teórico, desenvolvido ao longo de aproximadamente seis décadas, ou seja, desde a Segunda Guerra Mundial. Além disso, construção dos autômatos, e sua coordenação em sistemas automatizados, requer, ainda, a integração de um grande número de dispositivos eletrônicos, mecânicos e eletromecânicos que também têm evoluído sensivelmente ao longo dos anos. Nas últimas três décadas o software tem desempenhado um papel cada vez mais central na automação, de modo que, quando se ouve falar em automação, atualmente, deve-se pensar em uma ciência aplicada, que se materializa por meio da associação entre hardware e software. Sem dúvida, é sempre possível construir um autômato ou criar um sistema automatizado em bases puramente empíricas, como fazem alguns diletantes. Contudo, ninguém imaginaria realizar um projeto de automação em larga escala, em uma planta industrial, ou no projeto de uma aeronave, sem o indispensável apoio das teorias de base.

Entretanto, nem sempre foi assim. A automação começou com dispositivos construídos e aperfeiçoados empiricamente, muito antes do surgimento de qualquer quadro teórico unificador. Segundo Mayr (1970, p.16), o primeiro equipamento dotado de auto-regulação de que se tem notícia[28] é a lâmpada de Phílon de Bizâncio, construída na segunda metade do século III a.C. Através de um engenhoso dispositivo hidrostático, esse equipamento era capaz de detectar a baixa do nível de óleo no vasilhame onde se encontrava o pavio, na medida em que a combustão se processava, e restaurar o nível desejado, fazendo fluir mais óleo de um reservatório. Nos séculos subseqüentes, outros dispositivos de auto-regulação foram construídos, sobretudo na China e no mundo islâmico, geralmente ligados à mensuração do tempo ou à operação dos reservatórios de água.

Ainda segundo Mayr (1970, p.55 e seguintes), o primeiro mecanismo de auto-regulação genuinamente europeu (e do mundo ocidental) foi o regulador de temperatura de Drebbel (1572-1633). Embora seja possível que esse sábio tenha tido contato com textos que

---

[28] Lembrando que, neste trabalho, reserva-se o nome “autômatos” para as máquinas dotadas de auto-regulação, por meio de um ou mais laços de controle.

mencionavam os mecanismos auto-reguladores da antiguidade, aparentemente o controle automático de temperatura nunca tinha sido realizado, de modo que o o trabalho de Drebbel foi realmente original. Seu dispositivo baseava-se na expansão e contração do álcool, de acordo com o aumento ou redução da temperatura em um ponto de medida. Quando a temperatura aumentava e o álcool se expandia, o mecanismo movia uma alavanca, que por sua vez acionava uma portinhola que reduzia a entrada de ar para o forno, de modo a desacelerar a combustão. Quando a temperatura baixava e o álcool se contraía, acontecia o efeito inverso.

Além dos controladores de nível de fluidos e dos controladores de temperatura, outra classe de antigos mecanismos dignos de nota são os reguladores de velocidade e reguladores de direção dos moinhos de vento, largamente usados já no século XVIII. Entretanto, o mais famoso dispositivo automático de que se tem notícia é o regulador de Watt (figura 1), criado em fins do século XVIII (Epstein, 1986, p.40; Mayr, 1970, p.2), que consistia em uma válvula de vapor conectada a uma alavanca, que se movia de acordo com a posição de duas hastes rotativas, cada qual com um pequeno peso na extremidade.
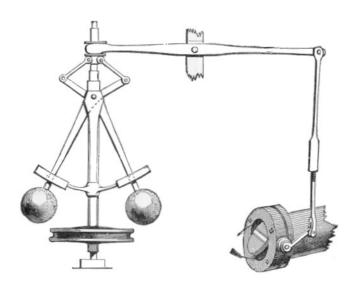
Figura 1: Regulador de Watt

(Fonte: Wikipedia, 2006)

As hastes eram montadas sobre um eixo cuja velocidade de rotação era proporcional à velocidade da máquina a ser controlada. Assim, quando a velocidade de rotação da máquina aumentava, a força centrífuga fazia com que as hastes se aproximassem da horizontal, movendo a alavanca que fechava a válvula, deixando passar menos vapor para alimentar o pistão e, conseqüentemente, reduzindo a velocidade do motor. Com a velocidade reduzida, a força centrífuga diminuía, as hastes desciam, a válvula se abria mais, deixando passar mais vapor, o que novamente aumentava a velocidade do motor. Graças a esse mecanismo engenhoso, uma vez ajustado, a velocidade de rotação mantinha-se dentro dos níveis desejados. Com isso, permitia-se um melhor aproveitamento da mão de obra e a operação estável das máquinas, dentro dos seus limites mecânicos.

Um sistema automatizado moderno geralmente se caracteriza pela existência de diversos processos de auto-regulação, cada qual contemplando, de forma mais elaborada do que no passado, os elementos presentes no regulador de Watt e em seus antecessores. Fundamentalmente, esses elementos são os sensores, os atuadores, os laços de controle e as vias de comunicação, operando em conjunto, de modo a atingir um determinado propósito.

Os sensores são medidores que, a partir das variações no meio físico, produzem sinais elétricos próprios para serem tratados pelo sistema de controle a que estão ligados. No dia a dia, um sensor comum é o microfone, que transforma as vibrações mecânicas do ar em vibrações eletromagnéticas que entrarão no amplificador. Na indústria, alguns dos sensores mais comuns são os medidores de temperatura, medidores de vazão e sensores de posição. Os aviões modernos possuem sensores de velocidade, de aceleração e de posição, usados pelo sistema de navegação, além de toda uma gama de outros sensores, integrando os sistemas que garantem o conforto e a segurança dos passageiros e da tripulação (sensores de fumaça, etc.)

Os atuadores são dispositivos que interferem de alguma forma nas variáveis do processo. Na indústria petroquímica, por exemplo, os atuadores mais comuns são as válvulas (Blevins, 2003) ao passo em que os motores elétricos aparecem em grande número nas linhas de montagem, inclusive no interior dos robôs industriais. Freqüentemente, os atuadores cumprem o seu papel indiretamente, como quando uma válvula controla uma saída de gás, que por sua vez determina a temperatura de uma caldeira. Nesse caso, o efeito observável é a variação da temperatura, mas sua causa reside no movimento mecânico da válvula.

As vias de comunicação são os dispositivos através dos quais as variações dos sinais (ou *mensagens*, na terminologia da teoria da informação) fluem entre os sensores, laços de

controle e atuadores. Nos sistemas atuais, as vias de comunicação são quase sempre elétricas, ou ópticas. No entanto, ainda há vias de comunicação puramente mecânicas, ou ainda pneumáticas ou hidráulicas, adequadas a situações especiais, em particular em sistemas simples.

Um laço de controle, ou "laço causal fechado", é uma relação lógica (funcional) que se estabelece entre os dados colhidos pelos sensores e as ações executadas pelos atuadores. Trata-se de um conceito abstrato, "um produto do século XX" (Mayr, 1970, p.129), que antes disso só existia em associação concreta com os mecanismos da máquina. Ou seja, em vez de serem concebidos matematicamente, tal como ocorre hoje em dia, os laços de controle eram definidos e refinados de modo empírico e contingente, de acordo com as possibilidades de aprimoramento dos componentes que os materializavam[29]. No século XVIII, os termos "regulateur[30]", "gorvenor[31]" e correlatos eram usados com referência à função dos dispositivos auto-reguladores, não aos princípios subjacentes ao seu funcionamento (Mayr, 1970, p.130-131). Ainda segundo Mayr (1970, p.131), as primeiras formulações matemáticas do controle automático surgiram na última metade do século XIX, desenvolvendo-se até o final daquele século, em especial visando o controle de velocidade dos motores. Só a partir do século XX, porém, com o rápido avanço da tecnologia elétrica, a teoria do controle iniciou um desenvolvimento mais rápido e acentuado, com aplicação rotineira nos projetos de engenharia[32]. Com o advento da II Guerra Mundial, a engenharia de controle ganhou um impulso enorme, na medida em que as potências envolvidas no conflito investiram recursos vultosos na criação e aperfeiçoamento de pilotos automáticos para aviões e mísseis, radares e mira de artilharia semi-automática (Mayr, 1970; Wiener, 1988).

---

[29] Há um notável paralelismo entre o desenvolvimento da teoria cibernética e o desenvolvimento da teoria da computação. Analogamente aos dispositivos auto-reguláveis, as máquinas de calcular mecânicas também evoluíram de modo contingente durante séculos. Foi somente na terceira década do século XX que se estabeleceu um quadro teórico unificador que, juntamente com os avanços da eletrônica, estabeleceu as condições para o aparecimento do moderno computador eletrônico digital. Para um estudo detalhado do assunto, ver, por exemplo, Davis (2000).

[30] "Regulador", em francês.

[31] Ao pé da letra, "governador", em inglês. A palavra era usada para identificar os dispositivos de auto-regulação, como o regulador de Watt (Watt's governor).

[32] O romance "The Tempter", de Norbert Wiener (1964) monta uma trama fascinante em torno dos primórdios da teoria do controle, contrapondo as questões econômicas e éticas que se multiplicam na medida em que a ciência encontra uma tecnologia em fase de maturação, transformando-se em ciência aplicada. A trama central do livro gira em torno da luta por patentes, que aliás, é um tópico bastante atual.

A partir da década de 1940, os mecanismos de auto-regulação se difundiram enormemente, a princípio implementados por meios eletro-mecânicos, pneumáticos, ou através de circuitos eletrônicos analógicos. A partir da década de 1960, com a miniaturização dos circuitos eletrônicos digitais, e com sua fabricação em massa, os computadores começam a baixar de preço, tornam-se mais confiáveis e fáceis de manter, tendência que se consolidou na década de 1980, com o advento dos microcomputadores. Nesse meio tempo, o estudo dos algoritmos também evoluiu bastante. Conseqüentemente, os laços de controle passaram a ser, cada vez mais, implementados sob a forma de *programas de controle*, rodando em computadores eletrônicos digitais. Atualmente, esse é um procedimento hegemônico, em todos os campos onde a automação é aplicada em larga escala, e mesmo em situações tão corriqueiras quanto o controle de elevadores em prédios residenciais: um fato tecnológico com profundas implicações epistemológicas, e que portanto vale à pena ser bem compreendido.

Essencialmente, os computadores são "máquinas para armazenar números, operar com números e dar o resultado [sic] em forma numérica"[33] (Wiener, 1965, p.116). De acordo com a forma como os dados são processados, os computadores se dividem em dois grandes grupos: os analógicos e os digitais. No computador analógico, os dados são representados sob a forma de medidas em uma escala contínua. No computador digital, como o próprio nome indica, os números são representados através de dígitos. Nos computadores modernos, em particular, todos os dados são codificados usando apenas dois dígitos, 0 e 1. Portanto, as máquinas que se convencionou chamar simplesmente de "computadores" são, na verdade, computadores eletrônicos *binários*.

Em acréscimo à definição de Wiener, cabe lembrar que os computadores também podem codificar, numericamente, símbolos arbitrariamente definidos pelo programador, e portanto são capazes não só de processamento numérico, em sentido estrito, mas também de processamento lógico e algébrico. Portanto, pode-se dizer que

> o termo computador denomina uma máquina capaz de processar ao menos um *modelo informacional*, onde os sinais de entrada e saída adquirem significado, dentro de um contexto definido por seres humanos. Isso implica no estabelecimento de uma correspondência aproximada entre os dados processados pelo computador e as variáveis do problema a ser resolvido. Mais precisamente, podemos dizer que um computador é uma máquina

[33] "Computing machines are essentially machines for recording numbers, operating with numbers and giving the result in numerical form".

> através da qual dados são coletados, armazenados e transformados *com propósitos definidos* (Amorim, 2002, p.19).

Na automação, o modelo informacional pertinente é estabelecido com base na definição de relações funcionais entre as variáveis medidas e as ações a serem efetuadas para manter o sistema operando, dentro dos padrões desejados[34]. Atualmente, quase todos os computadores são construídos com base na tecnologia eletrônica digital, que atualmente é a forma mais rápida e econômica de se processar sinais com alto desempenho. E é justamente na tecnologia dos circuitos eletrônicos que se encontra uma das causas da hegemonia dos computadores digitais, conforme explicado a seguir.

O funcionamento de qualquer circuitos eletrônico se altera com as mudanças de temperatura, sejam as do meio, seja as causadas pela geração de calor no próprio circuito[35]. Ele também pode ser influenciado por interferências eletromagnéticas, provenientes de fontes externas[36]. Por isso, no projeto de um circuito, geralmente são adicionados componentes que não contribuem diretamente para o fim almejado, mas que são necessários para compensar a instabilidade intrínseca dos demais componentes, assim como as interferências do meio. Além disso, o tempo de uso dos componentes eletrônicos também altera suas propriedades, o que, eventualmente, pode causar instabilidade nos circuitos. Por fim, não há dois circuitos com propriedades estritamente iguais, que responderão de modo idêntico aos mesmos estímulos, uma vez que mesmo os melhores componentes eletrônicos têm uma tolerância de desvio em relação às especificações nominais. Por isso, eles devem ser projetados de modo que a precisão das operações se mantenha, apesar de todas essas condicionantes. Esse objetivo é mais facilmente alcançado nos circuitos digitais, que trabalham com sinais discretos, isto é, dentro de faixas de tensão bem definidas[37]. Por outro lado, é difícil garantir a precisão de um

---

[34] Nem sempre, porém, tais relações são definidas à priori, pelos projetistas do sistema. Em alguns casos, técnicas de inteligência artificial, tais como as redes neurais e os algoritmos genéticos, permitem que os sistemas computacionais estabeleçam as relações funcionais de maneira ótima, de acordo com os critérios de eficiência determinados pelos projetistas. Em outras palavras, as relações funcionais que definem um sistema de controle moderno nem sempre refletem um modelo matemático explícito, pois esse modelo às vezes fica oculto nos parâmetros auto-configuráveis do sistema, caracterizando, assim, uma auto-regulação de segunda ordem.

[35] Essa é uma das razões pelas quais certos defeitos em aparelhos eletrodomésticos só aparecem depois de algumas horas de uso contínuo.

[36] É por isso que não se deve usar celulares perto de bombas de gasolina, nem tampouco dentro de aviões.

[37] Por exemplo, alguns circuitos digitais representam o ‘0’ (zero) por meio de uma tensão entre 0,0 e 0,3 Volts, e o ‘1’ (um) por meio de uma tensão entre 3,0 e 5,0 Volts. Dessa forma, o circuito se torna bastante estável

circuito analógico em diferentes situações de uso, e no decorrer de toda a sua vida útil, porque ele trabalha com sinais variando continuamente dentro de uma faixa de tensão[38]. Essa é uma das razões pelas quais, muito antes do advento do microprocessador, Wiener (1965, p.117-118) já afirmava que os computadores binários deveriam ser preferidos face aos analógicos, sempre que uma precisão elevada estivesse em jogo[39].

Tenório (1998, p.38) assinala que

> O cálculo digital se refere especialmente ao cálculo efetuado a partir da representação e manipulação simbólica de variáveis a partir de um conjunto de regras ou leis teóricas gerais (não necessariamente leis físicas).

Ou seja, no cálculo digital as leis físicas ficam *nos bastidores*, dando suporte ao mecanismo abstrato de cálculo. Já no cálculo analógico, as leis físicas entram em cena ostensivamente, determinando a precisão e confiabilidade dos resultados obtidos[40].

Hoje, com a disseminação dos microprocessadores poderosos, fabricados em larga escala a um custo muito baixo, a utilização de computadores digitais de uso geral tornou-se mais econômica do que a fabricação de dispositivos analógicos. Os computadores analógicos, mesmo que modulares, devem ser calibrados e interconectados de forma a resolver o problema desejado, caso a caso. Os computadores digitais precisam apenas ser programados, e o programa que resolve o problema uma vez será usado, se alterações em diversos computadores da mesma "família", sem a necessidade de adaptações.

Em resumo, pode-se afirmar que a atual hegemonia dos computadores eletrônicos digitais se deve a um conjunto de fatores, a saber: (1) **miniaturização** – os computadores eletrônicos são diminutos, e consomem muito pouco energia, em relação a qualquer outro tipo de computador artificial (pneumático, eletromecânico); (2) **velocidade de processamento** – o chaveamento dos circuitos se dá à razão de milhões ou bilhões de vezes por segundo, permitindo cálculos extremamente rápidos; (3) **flexibilidade** –

---

diante de possíveis ruídos ou flutuações nas propriedades dos componentes.

[38] Por exemplo, em determinado circuito a tensão de 2,0 Volts poderia representar o valor 50, e a tensão de 2,1 Volts, o valor 52,5, em uma escala linear. Assim, uma flutuação de apenas 5% na tensão de trabalho provocaria uma alteração equivalente no resultado calculado.

[39] Sem dúvida, a aritmética binária apresenta os seus próprios problemas de precisão, cuja consideração, contudo, extrapola os limites do presente texto. Basta dizer, a título de exemplo elementar, que o número 0,6, ou 6/10, no sistema decimal, transforma-se em uma dízima, ao ser convertido para o sistema binário: 0,1001001001001...

[40] Essa questão comporta uma análise bem mais elaborada, que contudo não contribuiria significativamente para os propósitos do presente trabalho.

um mesmo circuito pode ser adaptado às mais diversas finalidades, com alterações no software, o que proporciona um enorme ganho de escala; (4) **estabilidade e previsibilidade** – os computadores digitais são em geral mais estáveis e previsíveis do que os analógicos de custo e poder de processamento equivalente; (5) **precisão** – em qualquer tipo de computador, a precisão é limitada, mas nos computadores digitais, e nos binários, em particular, os níveis de precisão obtidos são mais facilmente controlados.

De acordo com Groover (2000, p.99), os laços de controle digitais proporcionam mais opções de controle (programas complexos), melhor integração e otimização de múltiplos laços, e flexibilidade dos programas de controle (sem necessitar de alterações do hardware). Mais uma razão para que, tanto na automação industrial quanto no controle de aeronaves, a hegemonia dos computadores eletrônicos digitais de uso geral seja crescente. Isso significa que grande parte do *know-how* embutido nos sistemas pertinentes assume a forma de software, que em termos dos custos finais dos sistemas, geralmente supera o hardware, de longe.

2.3 Perspectiva histórico-crítica

Vieira Pinto alerta para a necessidade imperiosa de, ao se estudar a máquina[41], levar-se em conta o "processo histórico cultural do qual representa termo", sem o que se recai na "falta de perspectiva sobre o passado, defeito que não só empobrece qualquer compreensão do presente, como limita, obscurece e deforma a visão do futuro" (Pinto, 2004, v.2, p.30-31). O mesmo alerta se aplica, por extensão, ao estudo das teorias de base que permitem o aperfeiçoamento da máquina, no caso, as teorias cibernéticas, cujo desenvolvimento propiciou as condições para o maior aprimoramento das máquinas auto-reguladas, antes realizado de forma lenta, predominantemente empírica. O que se busca, nos parágrafos seguintes, é compreender a cibernética e seus produtos sob uma perspectiva histórica, na medida em que essa compreensão é importante para elucidar o seu sentido epistemológico e o seu sentido social, contribuindo para o posterior levantamento de questões pedagógicas pertinentes. Como já foi dito, o destaque dado à cibernética no presente trabalho tem a sua razão de ser na

[41] Naturalmente o filósofo não se refere a uma máquina em particular, enquanto objeto material individual, mas da máquina enquanto classe de artefatos criados pelo homem.

influência duradoura desse campo de estudos sobre os sistemas de produção, e conseqüentemente, sobre toda a sociedade.

No que concerne à identidade da cibernética, de meados do século XX para cá mudaram os atores, as técnicas e a terminologia; aprimoraram-se as ferramentas e métodos, e de modo geral, deslocou-se o enfoque, antes algo teórico e matemático, para um campo mais pragmático de realizações, na indústria e em outras áreas. Todas essas mudanças, contudo, não anulam a pretendida abrangência da cibernética enquanto estudo da "comunicação e do controle no animal e na máquina" (Wiener, 1965); ao contrário, reafirmam essa abrangência. Por isso, penso que uma das razões para que o nome "cibernética" tenha caído em desuso é justamente o sucesso alcançado pelos pressupostos e pelas teorias elaboradas sob a sua inspiração, que levou à rápida subdivisão dos estudos cibernéticos em várias especialidades, cada qual adotando a sua própria terminologia e suas próprias técnicas, adequadas ao seu objeto de estudo.

Mais ou menos na mesma época que Wiener publicava a segunda edição do livro "Cybernetics", em 1961, a computação já despontava como área independente, e dentro dela, já se instalava o ramo conhecido como inteligência artificial. No mesmo período, o behaviorismo se sedimentava, dando origem, na confluência posterior com a computação e com a lingüística, à vasta área de estudos que se convencionou agrupar sob o rótulo de "ciências cognitivas". A neurofisiologia também seguiu uma via independente, embora hoje também se aproxime bastante do "cognitivismo", inclusive nos projetos, sonhados por Wiener, de próteses para pessoas que perderam mãos, braços ou pernas, ou que se tornaram paraplégicas ou hemiplégicas[42]. Nesse meio tempo, a engenharia de automação e controle cresceu em importância, e com o desenvolvimento da microeletrônica, da mecânica de precisão, da ciência dos materiais e dos algoritmos, surgiu nos últimos anos a mecatrônica, como confluência de teorias e técnicas da computação e das engenharias mecânica, elétrica e eletrônica, reivindicando o *status* de ciência geral da automação.

Essa análise, necessariamente sucinta, sob pena de fugir ao foco do presente texto, permite-nos apreciar a força da herança cibernética no mundo contemporâneo, independentemente das questões superficiais de nomenclatura. Nos sistemas automatizados, em particular, as idéias e a matemática da cibernética estão presentes de modo inalienável,

[42] O controle de prótese através de sinais captados diretamente do sistema nervoso é uma área interdisciplinar de estudos, que tem no cientista brasileiro Miguel Nicodelis um dos seus maiores expoentes.

embora muitas vezes os seus construtores e os seus patrocinadores desconheçam os processos históricos, os fundamentos conceituais e os pressupostos epistemológicos que condicionam os seus esforços.

A cibernética, enquanto campo científico diferenciado, surgiu no momento em que se multiplicavam as máquinas dotadas de mecanismos de controle interno e externo, despertando a necessidade de reflexões explicativas. É nesse sentido que "a realização histórica da cibernética confirma a essência da cibernética. Em seu fundamento, não passa de um caso de retroação, de feedback da cultura, de retorno da tecnologia sobre ela mesma" (Pinto, 2005, v.2, p.609). Ou seja, a cibernética surge como quadro teórico explicativo, apoiado em um ferramental matemático pré-existente, em um período fecundo em desenvolvimentos tecnológicos que demandavam estudo sistemático para seu melhor aproveitamento. Nesse contexto, "a grande mecanização" da II Guerra Mundial teve um papel de destaque (Wiener, 1965, p.43).

Cada momento histórico é evidentemente único, pois as as formas de convivência social não param de se transformar, assim como as as formas de mediação tecnológica entre os seres humanos, e entre esses e a natureza. Por outro lado, há aspectos de base na organização da sociedade, em especial no que tange às estruturas de poder, que persistem durante séculos, com poucas alterações, apesar das transformações dos mecanismos através dos quais se manifestam. No mundo contemporâneo, as relações de classe ainda se assemelham bastante àquelas existentes na Idade Média, ou mesmo na Antiguidade, apesar das mudanças institucionais e dos enormes avanços tecnológicos ocorridos desde então. Portanto, o destaque dado à técnica como elemento determinante das relações sociais deve ser visto com reservas. Nesse sentido, é um erro acreditar que a disseminação em larga escala das máquinas cibernéticas computadorizadas, por si só, faz do atual momento histórico um momento revolucionário. Analisando a questão, Vieira Pinto (2004, v.2, p.88) alerta para

> o perigo da fascinação com as novidades verbais, levando a consciência despreparada a esquecer que muito daquilo agora dito por uma nova ciência, a cibernética, na verdade sempre existiu, apenas com outros nomes, porém com a mesma função essencial em relação ao homem.

Sem trair o pensamento do autor, pode-se precisar que não é exatamente a cibernética que sempre existiu, mas sim muitas das criações a ela atribuídas, embora sob roupagem diferente da atual, adaptada às contingências sociais e tecnológicas de cada tempo.

Nesse sentido,

> as classes poderosas sempre tiveram ao seu dispor servomecanismos, fossem eles o escravo dos faraós e dos sátrapas, o cavalo dos barões feudais e os engenhos mecânicos, agora aperfeiçoados com o caráter eletrônico e automatizados, dos industriais modernos (2004, v.2, p.87-88).

Em termos ontológicos, não cabe comparar a máquina com o ser humano rebaixado à condição de escravo. Mas, economicamente, a automação tem semelhanças com a escravidão, como instituição a serviço do *status quo*, porque: (1) tanto o escravo quanto o autômato estão a serviço de uma classe que dispõe de capital para sua aquisição; (2) escravos e máquinas cibernéticas são ambos capazes de realizar tarefas complexas, com um certo grau de autonomia; (3) ambos necessitam, para operar, de uma certa quantidade de energia[43]; (4) os autômatos são programados e os escravos, condicionados (por meios violentos) pelos detentores dos meios de produção, ou mais precisamente, por seus servidores remunerados, para a realização das tarefas requeridas na produção[44]; (5) o seu proprietário pode usá-los da maneira que melhor lhe aprouver, ressalvados os respectivos limites, físicos no caso da máquina, fisiológicos, no caso do escravo e eventualmente legais e culturais, em ambos os casos.

Mas o escravo, não sendo máquina, traz em si um inalienável desejo de emancipação que, malgrado o aparato repressor da sociedade escravocrata, ameaça sempre *rebelar-se*, ou seja, agir de modo incompatível com as finalidades e expectativas da classe dominante. Portanto, a substituição dos escravos pelas máquinas – primeiro as simplesmente mecânicas, e depois as computadorizadas –, ao cabo de um prolongado processo histórico, não se deve tanto às considerações de ordem humanitária, mas sobretudo às conveniências do sistema capitalista em constante renovação. Segundo Derry e Williams (1993, p.252), o moinho a água, por exemplo, não era comum no Império Romano até o século III d.C., possivelmente porque

> enquanto os escravos e outras formas de trabalho barato estavam disponíveis havia pouco incentivo para os investimentos de capital necessários [...] Quando a força humana não estava disponível, era mais fácil usar burros ou cavalos do que construir moinhos a água.

---

[43] No caso da máquina, energia elétrica, térmica, química ou nuclear, oriunda de fontes definidas, e no caso do escravo, energia química, por meio da ração diária de alimento.

[44] Os capatazes dizem aos escravos o que fazer, e os programadores, “dizem” às máquinas o que fazer.

Para o industrial, assim como para o agricultor em larga escala da atualidade, geralmente é mais recompensador manter uma estrutura complexa de máquinas cibernéticas, sob o comando de técnicos especializados, do que uma estrutura servil de seres humanos degradados fisicamente e intelectualmente, que nada produzirão além daquilo que lhes possa ser tirado através do uso ostensivo da força. Hoje em dia, os trabalhadores que se destacam no mundo da produção são os que projetam, operam, programam e consertam as máquinas, pois deles se pode extrair mais-valia com maior eficiência e sutileza, devido à enorme produtividade que alcançam indiretamente, por meio dos autômatos[45] que dominam. Contudo, se historicamente a automação traz tantas vantagens para o capital, é preciso explicar porque nem sempre as máquinas substituem as pessoas, mesmo quando a tecnologia necessária está madura.

Morgan (1996) divide o chamado mercado de trabalho em dois estratos: o mercado de trabalho primário, onde transitam os trabalhadores de carreira, dotados de conhecimentos específicos, cuja formação profissional exige investimentos de capital mais ou menos significativos, e o mercado de trabalho secundário, onde se posicionam os trabalhadores não-especializados, *fáceis de contratar e de demitir*, porque sua formação não requer investimentos significativos. Nesse contexto, o mercado de trabalho funciona como um "amortecedor", que permite à organização se adaptar à flutuação da demanda por seus bens ou serviços, por meio da contratação e da dispensa dos trabalhadores menos qualificados. Dessa forma, preserva-se a posição dos trabalhadores do mercado primário e das elites dirigentes contra as "incertezas do ciclo de negócios". Daí decorre que a existência da tecnologia, por si só, não elimina as tarefas arriscadas, insalubres, repetitivas ou pouco significativas, que continuarão sendo realizadas por seres humanos, enquanto isso for conveniente para os donos do capital.

Cabe observar que, ao substituir as pessoas por máquinas, o empresário espera obter ganhos, ou com o aumento da produção, ou com a melhoria da qualidade do produto, ou com a economia de energia ou de matéria-prima. Por outro lado, ele se compromete com um certo modo de produção que, além de demandar um vultoso investimento de capital, implica em um custo fixo elevado com a manutenção e depreciação dos equipamentos, mesmo em períodos

---

[45] Na disseminação do conhecimento já começa a se delinear uma tendência análoga, com a contratação de professores para os cursos de "educação à distância", em que as aulas são ministradas via satélite, de modo que um só professor atende simultaneamente a centenas de alunos espalhados pelo País, aumentando sobremaneira a lucratividade das instituições.

prolongados de ociosidade. Por isso, em alguns setores, freqüentemente, é mais rentável contratar trabalhadores não qualificados, em caráter precário, do que automatizar as tarefas que eles realizam. É por isso que ocorrem, por exemplo as contratações de empregados temporários pelas indústrias de chocolates, meses antes da páscoa, dependendo das expectativas de vendas decorrentes do cenário econômico. Consoante a tese de Morgan (1996), os trabalhadores mais qualificados, em especial aqueles que programam as máquinas da linha de produção, são muito menos vulneráveis às flutuações sazonais e às crises econômicas do que os operários embaladores, por exemplo. Logo, a automação não resolve – e possivelmente agrava – o problema da exclusão dos trabalhadores menos qualificados, mantidas as atuais formas de relação entre capital e trabalho.

Dentro das empresas, a presença crescente da automação na produção conduz, atualmente, ao amortecimento, ou ao menos ao mascaramento das tensões entre os trabalhadores e a administração, porque: (1) A automação provoca a dispensa de uma parte significativa da força de trabalho, mas, por outro lado, tende a proporcionar, aos trabalhadores que ficam, melhores condições de higiene e conforto; (2) A atividade sindical se enfraquece, às vezes pelo medo do desemprego, mas sobretudo porque o número de trabalhadores sindicalizados diminui; (3) Os técnicos que detêm o *know-how* de programação e manutenção das máquinas cibernéticas são relativamente bem remunerados, e freqüentemente enquadrados sob o rótulo dos "cargos de confiança", gozando de um status social acima da média. Por isso, em geral, tornam-se mais dóceis às demandas do sistema[46].

Porém, com o constante aprimoramento dos sistemas de automação, mesmo a posição dos trabalhadores do mercado primário se torna delicada, porque as máquinas incorporam cada vez mais *know-how* e se tornam mais fáceis de programar, em alguns casos chegando a dispensar conhecimentos especializados. Além disso, as máquinas capazes de *aprender*, contribuirão ainda mais para reduzir o número de trabalhadores necessários para assistí-las, na medida em que se inserirem rotineiramente no sistema produtivo. As empresas, por sua vez, enfrentam o dilema, ainda não resolvido, entre manter um quadro de profissionais altamente qualificados para planejar, projetar, construir ou integrar os seus sistemas, ou confiar prioritariamente nos pacotes tecnológicos mais fechados, sob controle dos seus fornecedores. Questões dessa ordem representam desafios enormes, porém muitas vezes ignorados ou

---

[46] Nesse sentido, Morgan (1996, p.291) afirma que normalmente espera-se "lealdade" dos trabalhadores do mercado primário para com as suas empresas.

subestimados, que não poderão ser resolvidos sem intervenções em profundidade nas atuais formas de organização do mundo da produção.

2.4 As razões da automação

O que se deseja, com a implantação de qualquer sistema automatizado, é a eficácia, entendida como a maximização ou minimização das variáveis consideradas relevantes em um sistema[47]. Ao instalar um elevador *inteligente*[48] em um edifício, tem-se em mente minimizar o tempo de espera, o consumo de energia elétrica e os gastos com manutenção. São três variáveis prontamente mensuráveis que, contudo, acabam se exprimindo por meio de outras variáveis subjetivas, tais como a satisfação e o conforto dos condôminos. No caso um tanto mais complexo da automação de aeronaves, o objetivo fundamental é minimizar o consumo de combustível e o desgaste do aparelho, assim como maximizar a segurança e o conforto dos passageiros. Embora “segurança” e “conforto” não sejam prontamente mensuráveis, são variáveis que admitem uma redefinição operacional, em função de outras. A segurança pode ser associada ao número de incidentes e acidentes com um certo tipo de avião, e o conforto pode ser associado à pontualidade[49], ao comportamento do avião em situações de turbulência assim como à rapidez do embarque e do desembarque. Na indústria, a automação se insere em um contexto amplo de racionalização de operações, visando otimizar a relação entre o volume de produtos, o consumo de matéria-prima e gastos com insumos, em especial energia e mão-de-obra, entre outras variáveis. A propósito, é comum se afirmar que a indústria automatiza suas operações para demitir empregados, reduzir custos e aumentar o lucro. Porém, esse é um quadro parcial, porque a automação também pode melhorar as condições de trabalho, minimizar danos ambientais e estimular o crescimento intelectual do trabalhador[50].

---

[47] O que não significa, necessariamente, maximização de lucros ou minimização de custos. A variável a minimizar pode ser, por exemplo, a emissão de determinado poluente, e a variável a maximizar poderia ser o nível de pureza de determinado fármaco.

[48] A palavra “inteligente” é freqüentemente usada na bibliografia técnica sem conotação mais profunda, apenas para caracterizar máquinas e dispositivos capazes de realizar tarefas complexas autonomamente, ou ainda, otimizar a realização de tarefas sem a intervenção de um operador.

[49] Certos vícios de projeto das aeronaves podem se refletir em problemas operacionais recorrentes, que se refletem em atrasos eventuais nas decolagens. Por outro lado, um sistema de automação completo pode agilizar procedimentos importantes pré-decolagem, tais como o balanço da carga a ser transportada.

[50] Essa tensão entre promessas e riscos, benefícios e danos da automação é permanente. Sendo uma das questões que motivaram o presente trabalho, ela aparece sob diversas perspectivas no decorrer do texto.

Sob uma perspectiva técnica, Frith (2000, p.226) menciona as seguintes “razões para a automação”: (1) capacidade (“capability”), ligada à precisão, velocidade de resposta, faixa sensorial estendida e capacidade dos sistemas artificiais em tratar vários inputs simultaneamente com eficiência, em comparação com os seres humanos; (2) confiabilidade (“reliability”), que se manifesta como operação contínua por longos períodos, repetição consistente de tarefas rotineiras e insensibilidade às distrações (ambientais, psicológicas); (3) replicabilidade (“repeatability”), ou seja, sistemas oriundos do mesmo projeto funcionam de forma idêntica, portanto, previsível[51]; (4) segurança (“safety”), cujo incremento é conseqüência dos atributos (1), (2) e (3), acima; (5) custos (“costs”), considerando que os sistemas automatizados geralmente são mais baratos para operar. Contudo, Frith afirma que esse argumento às vezes serve de pretexto para a implementação de sistemas que não são totalmente satisfatórios para os usuários; (6) fatores ambientais (“environmental”), pois muitos sistemas devem operar em ambientes intoleráveis para os seres humanos.

Ao lado dessas razões para a automação, temos as “razões para incluir seres humanos [nos sistemas]” (Frith, 2000, p.227): (1) inteligência (“intelligence”), naquilo em que os humanos superam as máquinas: detecção de padrões e tendências, raciocínio indutivo, memória associativa, originalidade na definição de objetivos e na resolução de problemas; (2) flexibilidade (“flexibility”), que se expressa como capacidade de aprender com a experiências, diversidade dos sentidos (coordenados, trabalhando em conjunto), capacidade de improvisar; (3) disponibilidade (“availability”) se humanos já estão no sistema, trabalhando a contento, por que automatizar? (em oposição ao dito “na dúvida, automatize”); (4) requisitos de domínio (“domain requirements”), ou seja, a presença de operadores humanos pode ser obrigatória devido às leis ou costumes; (5) segurança (“safety”), como conseqüência dos itens (1) e (2), acima; (6) custos (“costs”), pois os investimento de capital necessário para implantar um sistema costuma crescer com o aumento do nível de automação. Em outras palavras, a curto prazo é mais barato implantar um sistema baseado em humanos; (7) percepção dos fatores humanos (“*human perception*” (sic)) , que diz respeito à forma como os operadores e usuários vêem o sistema, e os seus próprios papéis diante dele. Por exemplo, os usuários de

---

[51] O que, conforme o próprio Frith reconhece, ocorre em princípio, mas não necessariamente na prática, pois uma série de fatores técnicos e humanos influenciam o comportamento de dois sistemas com idêntica especificação de projeto.

um trem podem desejar saber que existe um condutor à bordo, mesmo que isso não faça nenhuma diferença, em termos da segurança ou confiabilidade do serviço.

De início, chama a atenção a necessidade, impensável, há algumas décadas, de se justificar a presença dos seres humanos nos sistemas. Mas, de forma sutil, porém contínua, os sistemas automatizados têm modificado radicalmente o lugar do trabalhador, em diversos ramos de atividade. O número de operadores, nas plantas industriais, tem caído significativamente, mesmo com o aumento da produção. Entre os bancários, boa parte postos de trabalho perdidos pode ser atribuída à automação. Na aviação, a figura do "engenheiro de vôo", profissional essencial nas grandes aeronaves, até a década de 1980, desapareceu com a nova geração de aeronaves *fly-by-wire*, a partir dos anos noventa. Quando trabalhadores qualificados são deslocados[52] pelas máquinas, é porque, de alguma forma, parte do seu *know-how* e de suas habilidades foi apropriado – "excorporado"[53] – pelos gestores do capital, e reincorporado nas máquinas, sob a forma mais antiga de arranjos mecânicos e eletromecânicos, ou sob a forma mais recente de programas de computador. Daí, a afirmação de Frazzini (2001, p.10):

> Historicamente, automação tem aumentado o poder do engenheiros, gestores, e de outros que controlam uma tecnologia, em prejuízo de trabalhadores que não mais necessitam de habilidades especiais.

Seria mais exato dizer, "em prejuízo dos trabalhadores cujas habilidades são simuladas satisfatoriamente pelos autômatos". A questão, porém, e um pouco mais complexa, porque os trabalhadores que permanecem no sistema podem de fato ter a sua qualificação aumentada (Agnew et al, 1997).

O capitalismo, portanto, encontra algumas de suas razões na automação, e vice-versa. Contudo, é possível enfrentar o desafio de considerar as razões da automação para além dos sistemas econômicos vigentes, o que não se configura como esforço ingênuo, nem tampouco

---

[52] Lembrando uma expressão popular da língua portuguesa, pode-se dizer que o autômato, a serviço do capital, está constantemente dando um "chega prá lá" no trabalhador, sem que o juiz apite falta (quem é o juiz, e onde ele está?). Na dividida, geralmente a máquina é mais forte (ou seja, mais atraente para o grande capital), e o trabalhador perde o seu lugar no time. Historicamente, a discussão dessa questão tem sido conduzida por um viés político-sindical, que sem dúvida, tem a sua lógica e o seu lugar. Contudo, a questão só poderá ser equacionada quando o debate e as ações pertinentes se estenderem aos terrenos ético, estético, epistemológico e pedagógico. Em outras palavras, os males do desemprego e da desqualificação devem ser prevenidos e atacados na raiz, por meio da educação e da reorganização radical do aparato produtivo e das relações sociais, de modo que é inútil tentar eliminá-los por meio de ações institucionais e artifícios legais de curto prazo.

[53] Em analogia ao termo "excorporação", usado por Debray (Scheps, 1996, p.219)

alienado, mas como um imperativo contemporâneo. A não ser em um mundo fictício, que não se pode habitar, certas conquistas tecnológicas são desejáveis, irreversíveis e indispensáveis, independente do contexto político que as tenha sedimentado e fortalecido, até o presente. Um exemplo dessas conquistas é a produção e distribuição de energia elétrica em larga escala, assim como a produção de energia em pequena escala, de forma descentralizada. A automação será cada vez mais importante para que se possa produzir, armazenar e usar a energia com o máximo aproveitamento, preservando e meio-ambiente e contribuindo para o crescente bem estar das pessoas, no ócio e no ofício[54]. Para Vieira Pinto (2004, v1, p.105) , "a maquinização é o resultado normal, lógico e benfazejo de um processo original e fundamentalmente biológico, decorrendo agora em condições sociais, por si mesmo irreprimível".

O que muda, com os sistemas políticos e econômicos, são as formas de controle sobre a automação. Mudam as prioridades, os interesses, as variáveis que se julga relevantes. Mas o caráter intrínseco, físico-matemático, dos sistemas não muda – desde que tomemos como pressuposto que há leis físicas que o homem não tem o poder de alterar ao seu bel-prazer. Conseqüentemente, um sistema que apaga as luzes e desliga o condicionador de ar automaticamente, quando as pessoas saem da sala, é inerentemente bom, pois reduz o estresse ambiental[55]. Em termos concretos, os recursos que uns deixam de desperdiçar pode ser usado em benefício de outros, ou conservados.

Por outro lado, há certas tarefas atualmente feitas por seres humanos onde a automação seria evidentemente bem-vinda, como é o caso da mineração de carvão. Obviamente, muitas pessoas ganham a vida trabalhando em minas de carvão, mas, para a maioria delas, essa é uma forma terrivelmente sofrida de ganhar a vida. Milhares de trabalhadores morrem todos os anos nas minas, o que seria evitado caso a atividade de mineração fosse mais automatizada, por meio de robôs semi-autônomos, comandados por controle remoto. Por enquanto, tal situação não interessa às empresas, menos por razões tecnológicas, e mais poque ainda é bem mais barato para os empresários explorar a mais-valia

---

[54] No dia-a-dia, dificilmente apercebemo-nos o quanto o nosso bem-estar consome energia: para a iluminação, para os transportes, para o banho (dos adeptos do banho quente), para o preparo dos alimentos, para o funcionamento da televisão , lavadora de roupa, computador – e a lista poderia prosseguir, indefinidamente.

[55] É preciso ter em mente que não há como produzir quantidades expressivas de energia sem alguma intervenção ambiental também expressiva (embora não necessariamente nociva).

dos mineiros do que fazer os investimentos de capital necessários para um nível de automação muito elevado. É paradoxal que certos sindicatos, e os políticos que vivem às custas deles, trabalhem para que os homens tenham o *direito* de continuar expondo a vida e degenerando a saúde em poços imundos e calorentos, a centenas de metros de profundidade, quando, de boa consciência, deveriam lutar para que esses mesmos homens se libertassem por meio da automação. O excedente de saúde, de tempo e de produção assim gerados poderiam, então, ser usados para que os trabalhadores se desenvolvessem socialmente, intelectualmente e artisticamente, conquistando o direito de lapidar e exprimir o seu potencial criativo por meio do trabalho significativo[56].

2.5 A miséria da automação

Assim como tem ocorrido com todas as tecnologias, no decorrer da história, a automação tem sido usada deliberadamente para provocar medo, sofrimento, destruição e morte. Basta lembrar que uma das primeiras aplicações dos computadores eletrônicos digitais foi o cálculo de trajetórias balísticas, para melhorar a pontaria dos canhões, durante a II Guerra Mundial. Posteriormente, durante a Guerra Fria, os laboratórios que produziam armamentos nucleares foram os principais clientes da indústria nascente de supercomputadores (MacKenzie, 1998). De forma análoga, uma das primeiras aplicações dos servomecanismos eletromecânicos foi o direcionamento das bombas V-2, que devastaram Londres durante a II Guerra Mundial, e atualmente, os mais avançados dispositivos de telemetria e navegação são usados para multiplicar a eficácia dos bombardeios de precisão cirúrgica – “um eufemismo para o massacre de inimigos indefesos, porque não dominam a tecnologia da informação” (Amorim, 2002, p.2). Portanto, são necessários cada vez mais estudos no campo ético e no campo político, que ajudem a elucidar as razões pelas quais a barbárie tecnológica prossegue, ainda hoje. O presente texto, contudo, não cumpre esse papel, pois não aborda a “miséria da automação” como uso intencional dos autômatos com fins de destruição.

No contexto da aviação civil, por exemplo, a automação é uma indústria da vida, que aproxima pessoas, antecipa o socorro médico, e que está na base da *magia* sempre atual do

[56] O estimado Prof. Olival Freire acha improcedente esse raciocínio, que não seria coerente com o papel histórico dos sindicatos. Mantenho, contudo, o texto original, não como desafio ao querido Professor, mas como lembrete do caráter necessariamente dinâmico do jogo institucional, em um mundo de automação.

correio expresso de longa distância. É também uma indústria que movimenta executivos e outros profissionais; acadêmicos e pesquisadores, alguns a serviço de interesses mesquinhos, outros, missionários do conhecimento e da técnica, a serviço de melhores condições de vida para as pessoas. A aviação civil está a serviço da vida, embora, no mundo atual, tal serviço só possa ser prestado em um contexto que demanda das empresas aéreas a manutenção da saúde financeira necessária para que continuem operando.

Onde está, então, a miséria da automação, quando não é aplicada deliberadamente contra a vida? Em parte, nos acidentes e incidentes causados pelas modificações sistêmicas que ela acarreta, em diversos campos da atividade humana. Em parte, na desqualificação dos profissionais. E ainda, na instrumentalização do abuso de poder econômico, que, embora de forma menos deliberada que a guerra, também atenta contra a vida, cotidianamente. Todos esses, problemas relacionados ao paradoxo apontado por Frazzini (2001, p.8), que, após trabalhar quarenta anos como projetista de sistemas automatizados para controle de veículos, afirma, em um artigo dirigido predominantemente a engenheiros no campo da automação:

> A maior parte de nós, sob as pressões cotidianas de programas tecnológicos no limite do cronograma ou do orçamento, ou de ambos, tem pouco tempo para considerar quaisquer implicações culturais de longo prazo dos nossos produtos[57].

E acrescenta, logo em seguida, que, “após se aposentar”, teve tempo para refletir sobre o processo profissional em que esteve envolvido durante toda a carreira. Ou seja, o engenheiro de automação trabalha para atender aos critérios técnicos de eficiência, fixados em termos estritamente formais, sem refletir sobre o impacto cultural –e por extensão, pode-se inferir, social – do seu trabalho. Não se trata, como pode parecer, de um problema apenas ético ou político, fruto da alienação, o que por si só já seria grave. O problema é também técnico porque, sob uma ótica ciberneticista radical, ao se intervir sobre um sistema complexo, devemos levar em consideração o maior número possível de variáveis afetadas pela intervenção. A conseqüência desse estado de coisas é que as implicações cognitivas, sociais e culturais dos sistemas automatizados são ofuscadas pelas determinantes técnicas e econômicas, expressas no objetivo central de eficácia.

Mesmo quando funcionam corretamente, os sistemas automatizados desafiam a capacidade de adaptação dos seres humanos. Na aviação, em particular, os sistemas de última

---

[57] “Most of us under the day-to-day pressures of technical programs that are usually on the edge of a schedule slip or cost overrun, or both, have little time to consider any far-reaching cultural implications of our products.”

geração alteram significativamente o comportamento das aeronaves diante de certas manobras, o que requer, por parte dos pilotos, alterações profundas na sua conduta profissional. A partir de um certo nível, a automação se integra de tal forma ao funcionamento dos aviões que já não existe uma fronteira bem definida entre os dispositivos computadorizados e os dispositivos mecânicos e eletromecânicos, propriamente ditos. No prefácio a Risukin (2001), Kern afirma que

> o piloto capacitado do futuro usará a tecnologia, naturalmente, mas deverá estar sempre preparado para exercer o julgamento e a habilidade necessários para tomar o lugar do computador[58] e assumir o controle manual da situação, quando necessário (p.xxii-xxiii).

Porém, a opção de "assumir o controle" ("override the computer") está deixando de ser realista, na medida em que a participação dos sistemas computadorizados no correto funcionamento da aeronave está se tornando tão crítica quanto a de qualquer sistema mecânico tradicional. O que se pode definir, em termos de engenharia, é até que ponto o piloto pode agir independente dos computadores, o que supostamente seria desejável em situações em que a automação falha, quando então o piloto deveria "assumir o controle". No caso do bombardeiro B-117 Stealth, a opção dos projetistas, interessados em dar ao avião um formato que o tornasse "invisível" aos radares, foi bastante clara: o piloto não tem meios para controlar o avião se os sistemas computadorizados falharem. Os computadores são absolutamente necessários, até mesmo para manter o avião em equilíbrio, através de alterações contínuas nas superfícies aerodinâmicas, por meio de servomecanismos apropriados. Pode-se argumentar que tal decisão de projeto é fruto das demandas da atividade militar, e que, portanto, seremos sempre mais conservadores, no que diz respeito à aviação civil. Porém, cabe lembrar que praticamente todos os aprimoramentos dos aviões civis foram antes testados nos aviões militares: a tecnologia que hoje é um fator de desempenho excepcional, no campo da guerra, amanhã pode ser um fator de desempenho trivial, no campo da produção. A história da técnica, aliás, mostra que nos dispomos – na verdade, acostumamo-nos – a nos tornar dependentes de dispositivos tecnológicos cada vez menos palpáveis e mais complexos, na medida em que eles se demonstram mais confiáveis (Jacomy, 2004).

Outro aspecto da miséria da automação é a sua crescente complexidade, que torna os sistemas cada vez mais imprevisíveis, de modo que, em muitos casos, o seu funcionamento

---

[58]"override the computer", no original.

diverge do esperado. A fim de minimizar esse inconveniente, os sistemas automatizados são testados e ajustados em condições de laboratório, antes da sua implantação no *mundo real*. Quanto mais crítico o sistema, em termos econômicos e em termos das suas conseqüências potenciais para a vida humana, mais cuidadosos e exaustivos devem ser os testes. Ainda assim, em se tratando de sistemas complexos, são comuns os processos de aperfeiçoamento a partir dos dados colhidos depois que eles são colocados em operação, principalmente quando ocorrem incidentes. Em muitos casos, as falhas não colocam em risco vidas humanas e o meio-ambiente. Por isso, a Microsoft e outras empresas do ramo de software se dão o direito de lançar no mercado seus sistemas cheios de *bugs*[59], que vão sendo gradativamente corrigidos, depois de causar um prejuízo significativo, mas difícil de avaliar, relativo a milhões de horas de trabalho perdidas[60]. Por outro lado, é impossível prever e simular em laboratório todas as condições a que os sistemas são submetidos no mundo real. Uma prova eloqüente dessa impossibilidade é o processo de certificação de um novo modelo de avião, que implica em pelo menos um ano de testes de campo exaustivos, a partir do momento em que o primeiro exemplar sai da fábrica.

Segundo Frazzini (2001, p.10),

> a máquina pode ter uma atuação que extrapola os limites do seu projeto original, e conseqüentemente pode tomar uma 'decisão' diferente daquela que o seu projetista/programador teria tomado nas mesmas circunstâncias.

Parasuraman (1997, p.231) coloca o problema em outros termos, ao afirmar que “[a automação] altera a natureza do trabalho que as pessoas fazem, freqüentemente de maneira não intencional e não prevista pelos projetistas da automação”. Essa é, possivelmente, uma das razões pelas quais são tantos os casos de incidentes e acidentes graves, relacionados à interação entre as pessoas e os sistemas automatizados. Risukhin (2001) e Job (1998) analisam alguns desses casos, no contexto da aviação civil[61].

---

[59] No jargão internacional da área de informática, *bugs* são erros nos programas, em particular aqueles que passam desapercebidos nos testes, manisfestando-se por meio de falhas em situações de uso imprevistas. O termo vem do inglês, significando “inseto”, ou “besouro”. Sua origem remonta aos anos pioneiros dos grandes computadores baseados em válvulas, cujo funcionamento era às vezes prejudicado pela presença de insetos nos circuitos. Freqüentemente as empresas reconhecem a existência de falhas no seu software, mas colocam o produto no mercado mesmo assim, por razões financeiras e de marketing.

[60] Em larga medida, o atual modelo de negócios da Microsoft se apóia nas correções que são feitas com o apoio gratuito dos usuários diligentes, que enviam às empresas de software relatórios sobre as falhas encontradas, assim como sugestões para aprimoramento dos produtos.

[61] Esse tópico será explorado em maiores detalhes adiante, na seção 5.3.

Por um lado, a idéia de que a automação sempre reduz a carga de trabalho dos operadores humanos, tornando-os menos propensos a erros, nem sempre se confirma na prática. Por outro lado, é freqüente entre os projetistas e gestores, "de alocar funções às máquinas sempre que possível (porque tem-se os meios para tal) sem considerar se é apropriado fazê-lo" (Frith, 2000, p.227). Provavelmente, uma maneira mais adequada de tratar a questão seria "repartir as funções entre os humanos e as máquinas a fim de se ganhar com as capacidades do seres humanos, liberando-os das tarefas para as quais eles são inerentemente fracos[62]" (Frith, 2000, p.227). Contudo, nem sempre é fácil discernir quais são as tarefas em o ser humano é "inerentemente" mais fraco do que a máquina. Na mesma medida, nem sempre é fácil estabelecer, de antemão e concretamente, quais são as tarefas que estão fora do alcance das máquinas.

Um sistema automatizado pode se desviar do comportamento esperado por várias razões, dentre as quais estão **falhas nos componentes de hardware, fatores ambientais imprevistos, comportamento inesperado por parte dos operadores e erros de software**. Com a complexidade crescente dos sistemas, torna-se cada vez mais difícil dotá-los de todas as salvaguardas necessárias, o que poderia ser feito por três vias: (1) antecipar, na fase de projeto, cada uma das ocorrências atípicas que poderiam perturbar o funcionamento do sistema; (2) tornar a parte automática do sistema *inteligente* o bastante para identificar por si mesma condições de funcionamento indesejáveis, ainda que não tenham sido previstas pelo projetista em detalhes[63]; (3) deixar a detecção e identificação de condições atípicas a cargo dos operadores. Por si só, nenhuma dessas estratégias é totalmente satisfatória. A primeira, porque é praticamente impossível prever todas as condições de risco em um sistema muito complexo; a segunda, porque as técnicas de inteligência artificial não são confiáveis ou estáveis o bastante; a terceira porque deixa o sistema a mercê dos erros humanos. A solução, então, seria combinar diferentes abordagens, distribuindo a atribuição de detecção de falhas entre o próprio sistema, os projetistas e os operadores. Na prática, é isso que se procura fazer atualmente, embora com sucesso apenas parcial[64].

---

[62] "Functions should be split between humans and machines to capitalize on human strengths, while relieving them of tasks at which they are inherently weak".

[63] Por exemplo, um detector de vírus de computador pode ser capaz de reconhecer fragmentos de software potencialmente destrutivos, mesmo que esses fragmentos não se encontrem registrados na base de dados do sistema.

Parasuraman e Riley (1997) discutem extensivamente os fatores de insucesso da automação, que eles dividem em mau uso ("misuse", no original), entendido como excesso de confiança, subutilização ("disuse") e abuso ("abuse"), entendido como a aplicação indevida da automação, por parte dos projetistas e administradores dos sistemas. Riley (1996), Frith (2000), Grabowski e Sanborn (2003) e Vicente (2004), partindo de diferentes linhas de análise, chegam à conclusão de que os pressupostos aceitos como ponto de partida para o projeto e implementação de sistemas automatizados são muitas vezes falhos, porque não levam em consideração, de modo pleno, os fatores ergonômicos. A esse respeito, Vicente (2004, p.35), toma como exemplo um automóvel da afamada marca BMW, o série 7 ano 2003, cujo *painel de controle* oferece ao motorista entre setecentas e oitocentas funções diferentes. É um dispositivo tão complexo, que um editor sênior de uma revista automobilística teria levado dez minutos apenas para aprender como começar a usar o carro. Um sistema que, segundo os aficionados do automobilismo, em nada contribui para a experiência de dirigir um grande carro, mas ao contrário, a prejudica. Daí a conclusão irônica de uma outra revista que avaliou o carro, a Road & Track, fazendo um trocadilho com o nome do dispositivo, que o fabricante chama de iDrive (i de "Intelligent", mas que em inglês soa como "I", ou seja, "eu"): "iDrive? No, you drive, while I fiddle with the controller"[65] (apud Vicente, 2004, p.35).

Em termos sociais, miséria da automação é a miséria de um sistema sócio-econômico e político que encontra na racionalização a medida e a justificativa de todas as coisas. Um sistema em que, nas palavras de Marcuse (1998, p.80), o "comércio, a técnica, as necessidades humanas e a natureza se unem em um mecanismo racional e conveniente" e dentro do qual, por conseguinte, "aquele que seguir as instruções será mais bem-sucedido, subordinando sua espontaneidade à sabedoria anônima que ordenou tudo para ele". No campo da automação, essa "sabedoria anônima" é representada pelo conjunto dos algoritmos que fazem funcionar o sistema automatizado. Através deles, as concepções, conhecimentos e opções dos projetistas *anônimos e invisíveis* do sistema antecedem a intervenção de um operador presente no local de trabalho. Este, por sua vez, dificilmente possui as condições técnicas, políticas e epistemológicas de questionar os fundamentos e o impacto da automação

---

[64] Um tópico que será discutido em detalhes no Capítulo 5, ao se tratar da cooperação entre humanos e computadores na automação industrial e na pilotagem de aviões.

[65] Que se traduz em algo como "Eu dirijo? Não, você dirige, enquanto eu brinco com o painel de controle".

sobre o seu próprio trabalho, sobre o meio-ambiente, e sobre os produtos. Nesse sentido, a automação é uma nova via de concentração dos meios de produção, que ora se apresentam não só sob a forma de terra, capital financeiro e máquinas, mas também como o *know-how* impessoal incorporado ao software.

3 As Competências em Questão

O presente capítulo explora a noção de competência, visando a construção de um quadro conceitual coerente, que auxilie a compreensão da cooperação humano-máquina, sobretudo em seus aspectos epistemológicos, econômicos e sociais.

A seção 4.1 pretende capturar uma imagem razoavelmente estável, e ao mesmo tempo fecunda e inspiradora, dos termos “competência” e “competências”. Inicialmente, destaca-se a sua origem histórica, bem como o caminho percorrido até a sua difusão nos meio empresarial e nas instituições de ensino. Depois, a carga ideológica dos termos é avaliada, através da contraposição de diferentes perspectivas. Finalmente, elabora-se – ou mais precisamente, reelabora-se – os conceitos de competência e competências a partir de influências oriundas da filosofia da mente, das ciências cognitivas, da sociologia do conhecimento, da pedagogia e da sociologia do trabalho. O desafio, aqui, é fazer convergir essa pluralidade de visões, não para forjar definições rígidas (o que seria impossível), mas estabelecer um campo semântico apropriado ao desenvolvimento subseqüente do texto.

A seção 4.2 argumenta que as competências se desenvolvem sobre o alicerce dos processos cognitivos, constituídos e potencializados a partir de uma conformação biológica própria do ser humano, associada ao aprendizado contextualizado culturalmente. Com base no trabalho de Tomasello (1999; 2000; 2003), procura-se estabelecer o equilíbrio entre as abordagens inatistas e culturalistas da competência, invocando-se a compreensão intencional do mundo como característica filogenética essencial para o desenvolvimento das funções cognitivas superiores.

A seção 4.3 desenvolve o nexo entre competências e intencionalidade. A partir das idéias de Searle (1992; 1995a; 1995b; 1997), argumenta-se que a intencionalidade é um

atributo de base, sobre o qual se fundamentam os processos de ensino-aprendizagem, espontâneos ou sistemáticos, essenciais para a sedimentação das competências.

Na seção 4.4 estuda-se a erosão de certas competências, na história recente, tanto sob o aspecto cognitivo, quanto no que diz respeito à sua valoração social. Embora reconhecendo a importância dos aportes tecnológicos que potencializam certas competências (embora quase sempre em detrimento de outras), aponta-se uma possível tendência à erosão de competências essenciais, que aparentemente deixam de ser importantes, mas cuja falta pode se fazer sentir de forma crítica. Revela-se, assim, uma contradição: enquanto a tecnologia torna o mundo cada vez mais complexo, corre-se o risco de que a convivência cotidiana com essa tecnologia torne as pessoas, em geral, menos competentes para lidar com a complexidade de forma conseqüente.

3.1 Um termo em construção

A palavra competência associa-se a um campo semântico vasto, e por isso resiste a definições simples. No seu uso corriqueiro, o termo se refere predominantemente à capacidade que se atribui a alguém para realizar alguma coisa. Dizemos, por exemplo, que é competente o médico capaz de tratar doenças com sucesso, ou o ginasta capaz de realizar uma determinada série de movimentos com precisão. Analogamente, dizemos que um administrador é competente se ele traz bons resultados para a empresa[66], e que um cozinheiro é competente se ele faz uma comida saborosa e, possivelmente, saudável. Às vezes, entendemos a palavra competência como sinônimo potencial de alguém para fazer algo, ainda que esse potencial não tenha sido plenamente efetivado, ou seja, realizado em ato. Nesse sentido, posso afirmar que tenho um aluno competente que, contudo, ainda não encontrou os meios ou as oportunidades para realizar o seu potencial, ou que não consegue demonstrar a sua capacidade por meio de notas altas, porque fica muito nervoso nos dias de prova.

Normalmente, portanto, vemos como competente a pessoa que tem capacidade de realizar alguma tarefa, ou um conjunto de tarefas, seja no campo psicomotor, no campo

---

[66] Naturalmente, o que se chama de "bom resultado" varia em função da perspectiva adotada. Dentro do modelo hegemônico de administração, bons resultados são sinônimo de lucro. Sob uma perspectiva crítica, a idéia de bom resultado associa-se a um conjunto de fatores, tais como desenvolvimento sustentável, bem-estar profissional e bem-estar social. Contudo, o nexo entre competência e resultados observáveis continua válido.

cognitivo, ou no domínio da razão[67]. Em geral, as tarefas (ou funções) associadas à idéia de competência são pensadas dentro de um quadro próprio da divisão de trabalho vigente na sociedade.

Ao explorar a noção de competência, deve-se de início reconhecer, com Wittorski, que ela se situa "no centro de discursos e de usos sociais diversos; é portanto, extremamente delicado abordá-la de frente" (2004, p.76). Porém, é necessário e possível fazê-lo, de forma construtiva, tendo como ponto de partida a constatação de que tal noção "está antes de tudo em vias de fabricação", não existindo um "discurso teórico estabilizado que permita definir de forma precisa seus atributos" (Wittorski, 2004, p.77). Pode-se acrescentar, ainda, que esse "discurso estabilizado" talvez nunca venha a existir, o que seria natural, porque competência, é um termo polissêmico, em permanente processo de ressignificação.

Também é importante ter consciência de que se trata de um substantivo semanticamente carregado, que seguiu um largo percurso histórico até a sua atual difusão nos meios organizacionais e pedagógicos. Segundo Dadoy (2004, p.106),

> O mundo do trabalho atual tomou a noção de *competência* da ergonomia e da sociologia, após uma longa evolução, desde a esfera do direito até a da lingüística, ao longo da qual a noção se aplicou a objetos diferentes, em contextos muito diversificados e com acepções particularizadas (grifo no original).

Isambert-Jamarti (1997) também busca as origens do termo na esfera jurídica, mais precisamente no fim da Idade Média. À época (tal como ocorre ainda hoje), os juízes declaravam que tal tribunal era competente para determinado tipo de julgamento, mas não para outros. Daí, "o termo veio a designar, de maneira mais geral, a capacidade reconhecida de se pronunciar nessa ou naquela matéria" (p.103)[68].

Para Stroobants (2004), a súbita predileção pela noção de competência nos ambientes de trabalho ou de formação, a partir dos anos de 1980 "não encontra nenhuma justificativa empírica", e dessa forma,

---

[67]Domínio da razão, aqui compreendido como o campo das idéias, conceitos, inferências e deduções, portanto distinto do campo cognitivo, que agrega operações mentais mais elementares.

[68] A questão, nesse caso, estaria em saber *quem* reconhece essa capacidade de se pronunciar, e sob que condições. Por essa ótica, o termo competência exprime o poder, tanto daquele a quem se reconhece certas prerrogativas (supostamente decorrentes do conhecimento especializado, além de outras qualidades), como daqueles a quem é conferido o direito de conceder tais prerrogativas. Na realidade brasileira, os conselhos profissionais (OAB, CFM, CREA, etc.) são exemplos de instâncias onde tais poderes se cristalizam.

> O termo flexível e ambíguo continua sendo objeto de tentativas de esclarecimento, de tateios múltiplos e contraditórios, e seu principal modo de existência parece ser vítima de uma intensa atividade de redefinição. Por outro lado, a propagação da noção parece ter sido mais favorecida do que travada por sua inconsistência (p.65).

Dolz e Ollagnier (2004), contudo, além de situarem a ascensão do termo em um momento anterior – a partir dos anos 1970 –, acreditam que "a emergência da noção de competência na área de educação evidencia mudanças epistemológicas", remetendo "à noção de construção interna, ao poder e ao desejo de que o indivíduo dispõe para desenvolver o que lhe pertence como 'ator', 'diferente' e 'autônomo'" (p.10). Entretanto, assinalam que "por ser exageradamente utilizado, o termo competência passou a provocar numerosas confusões" (p.11).

Um dos motivos de desconfiança em relação ao conceito de competência é a sua apropriação por parte das empresas, empenhadas em destacar o papel do empregado como agente eficaz a serviço de uma estrutura voltada para o lucro. Essa desconfiança se agrava na medida em que, usado como sucedâneo para o conceito de qualificação, o conceito de competência aparece como elemento de uma estratégia que visa enfraquecer as categorias de trabalhadores organizados. A opção pela competência seria, sob esse ponto de vista, um pretexto para (supostamente) privilegiar os espaços de negociação individual do trabalhador, em detrimento dos espaços coletivos de classe, normalmente definidos de acordo com qualificações reconhecidas socialmente. Nesse sentido, Stroobants (2004, p.73) afirma que a competência

> distancia-se da denominação controlada para se aproximar da interpretação arbitrária. Desvia-se de referências coletivas, como a duração implicada na qualificação, e objetiváveis, sob a forma da antiguidade e do diploma.

Diferentemente da qualificação, "a competência evita as distinções entre categorias para optar pelas particularidades pessoais", tais como "desempenho, mérito e lealdade", entre outras características submetidas a avaliações subjetivas. Em sintonia com essa perspectiva, Dugué (2004, p.25) refere-se à ação do modelo de competência, no trabalho, como "um tipo de solapamento do sistema de qualificação" cujas conseqüências seriam ainda difíceis de prever[69].

---

[69]Um operador aposentado de um grande grupo petroquímico relatou-me, espontaneamente, que a empresa onde trabalhava não distribui de forma equânime a participação nos lucros obtidos, levando em conta as classes de trabalhadores. Ao invés disso, a distribuição é feita com base em "avaliações" individuais, de modo que dois colegas que realizam as mesmas tarefas, no mesmo turno de operação, podem receber prêmios bem diferentes.

De fato, as lideranças capitalistas são hábeis em manipular conceitos em conformidade com seus interesses, de modo que a crítica aos abusos da palavra competência são legítimas e fundamentadas. Mesmo assim, não parece suficiente afirmar que o prestígio da noção de competência se deve apenas à prevalência dos interesses empresariais, pois devemos reconhecer que as mudanças concretas das relações de produção, inclusive a automação em larga escala, imprimem ao cenário profissional uma nova dinâmica, da qual talvez o conceito de qualificação, somente, não possa dar conta. É por isso que, embora atento às apropriações ideológicas da noção de competência, Tomasi lembra que

> as primeiras reflexões sobre a competência [...] procuram apontar o seu caráter ideológico e a sua intimidade comprometida com o modelo econômico neoliberal e sua face mais perversa e excludente, o que não deixa de ser verdade. Reduzi-la, entretanto, a apenas essa dimensão pode ser um grave equívoco e, nesse sentido, pode contribuir pouco para o debate acadêmico (2004, p.10).

O solapamento do sistema de qualificação, a que se refere Dugué, realmente existe, mas não somente por força de uma ação orquestrada dos gestores do grande capital, mas predominantemente por força das já mencionadas mudanças nos sistemas produtivos, associadas a uma compreensão renovada do mundo do trabalho. Portanto,

> a competência [...] não é uma invenção a serviço de alguns interesses, por mais que a isso ela possa se prestar; tudo parece indicar que ela sempre existiu [...] diferentemente do que se imaginava, o trabalhador sempre foi um ser competente (Tomasi, 2004, p.13).

Independentemente dos embates ideológicos que protagoniza, a palavra "competência" assume múltiplos significados, de modo que seu uso com fins argumentativos, como ocorre no presente texto, requer um certo esforço elucidativo. Contudo, não podemos ter a pretensão de esgotar os sentidos possíveis do termo, delimitando o seu campo semântico com total precisão. Podemos, sim, tentar estabelecer um espaço de significados coerente e fecundo. Nesses termos, vamos ao encontro da observação de Dolz e Ollagnier (2004, p.17):

> [certos] pesquisadores acham difícil definir a competência; todavia, justificam a adoção do conceito a partir de uma perspectiva argumentativa que consiste em estabelecer o interesse heurístico e praxeológico da noção, ainda que, por vezes, ela assuma caráter metafórico.

Tendo em mente que "um conceito é um construto *provisório*, seu valor é um valor de uso, que é medido por sua fecundidade teórica, e não por sua verdade absoluta" (Perrenoud, 2004, p.48, grifo no original), eu me deterei sobre o conceito de competência naquilo que ele pode nos revelar sobre a cooperação humano-máquina, e sobre os desafios educacionais daí

decorrentes. Nesses termos, Rey (2002, cap.1) nos proporciona um bom ponto de partida, ao desenvolver os conceitos de “competência como função”, “competência como comportamento” e “competência como potência geradora”, discutidos a seguir.

Ao compreender a competência como comportamento, estamos interessados em definir inequivocamente, e aferir objetivamente, um conjunto de competências (no plural), definidas como atividades bem específicas que alguém deve ser capaz de realizar. Conforme observa Rey (2002, p.28), essa é uma situação freqüente no mundo empresarial, e também na pedagogia por objetivos. Ele nos lembra que, nas empresas, é comum a definição de uma lista de operações padronizadas que definirão um determinado posto de trabalho, de modo a tornar o treinamento do trabalhador livre de ambigüidades.

No âmbito escolar, a compreensão da competência como comportamento também está associada ao desejo de se eliminar ambigüidades. Nesse caso, pergunta-se o que o aluno deverá se capaz de fazer ao final de um determinado ciclo de ensino-aprendizagem. Assim, por exemplo “Ser capaz de substituir substantivos comuns em ordem alfabética” é uma definição de competência menos equívoca do que “ser capaz de demonstrar um espírito de iniciativa” (Hameline, apud Rey, p.28-29). Isso, porque “uma competência que pode ser exemplificada sob a forma de diversas ações possíveis constitui um objetivo equívoco; inversamente, é unívoca a competência que não pode ter como exemplo senão uma ação” (Rey, 2002, p.29).

Essa definição de competência como conjunto de comportamentos observáveis tem a vantagem de nos permitir avaliar, objetivamente em que medida certos objetivos pedagógicos foram alcançados, na escola, ou em que medida um empregado se adapta a um posto de trabalho, na empresa. Por outro lado, permanece a questão de saber se “os atos visíveis praticados foram efetuados tendo realmente em vista o fim almejado” (Rey, 2002, p.29)[70]. Assim, a noção de competência como comportamento, se levada a extremos, fragiliza-se, uma vez que os atos humanos supõem-se sempre providos de sentido, tanto para quem ensina como para quem aprende, ou ainda, para quem age por dever do ofício. É daí que surge o conceito de competência como função.

---

[70]Esse é um ponto crítico, de grande interesse prático, porque, ao ensinar gramática e álgebra aos nossos alunos, sem que eles tenham a noção de finalidade no seu aprendizado, estamos contribuindo para que eles assimilem os procedimentos aprendidos, não como ferramentas estruturantes do pensamento, para toda a vida, mas como mecanismos de interesse efêmero, visando tão-somente a aprovação nos exames.

Retomando a figura do trabalhador e do aprendiz como agentes atuando em contexto, movidos por determinados fins, a noção de competência como função afrouxa as amarras da simples observação comportamental e, "de repente, a proibição behaviorista sobre as operações mentais cede" (Rey, 2002, p.35). Conseqüentemente, os atos já não são vistos apenas como operações simples univocamente definidas, mas como operações decorrentes de um aprendizado complexo, que se realizam com vistas a um fim útil. Ou, nas palavras de Rey (2002, p.34), "o comportamento não é mais um conjunto de movimentos objetivamente constatáveis; ele é uma *ação sobre* o mundo e, como tal, é definido pela sua utilidade técnica ou social" (grifo no original)[71]. Como veremos no próximo capítulo, esse vínculo entre competência e finalidade é de importância crucial nos processos de cooperação humano-máquina.

Ao analisar a competência como comportamento, estamos atentos aos atos do indivíduo, enquanto ao analisarmos a competência como função, estamos interessados nas funções que o indivíduo executa, abstraindo, até certo ponto, os atos que levam à performance. Em outras palavras, na perspectiva funcionalista, qualificaremos como competentes duas pessoas capazes de executar uma função em contexto, visando determinado fim, mesmo que por meio de comportamentos distintos. Mas, na perspectiva comportamentalista, qualificaremos como competentes apenas pessoas capazes de reproduzir determinados comportamentos, dentro de padrões rigorosos. Essa é a perspectiva usada pelos juízes nas competições de ginástica rítmica, onde se espera que as participantes sejam capazes de reproduzir com perfeição movimentos pré-definidos. É um padrão de julgamento diferente do usado no futebol, pois a ação fazer gol é executada por diferentes artilheiros de diferentes formas, sem que isso implique necessariamente em maior ou menor mérito para um deles, o que nos coloca mais próximos a uma perspectiva funcionalista. Porém, os movimentos das ginastas nunca são desprovidos de sentido, e também envolvem criatividade[72], no fundo, almejando as melhores notas. Por outro lado, o drible, no futebol, não é apenas o resultado do talento e do improviso, mas também do treinamento técnico exaustivo, acompanhado de uma

---

[71]O que é de fundamental importância na cooperação entre pessoas, em grupos de trabalho. Como todos sabemos, há uma grande diferença entre um drible realizado com a finalidade coletiva de alcançar o gol, e o mesmo drible, realizado com a finalidade individual de aparecer na mídia.

[72]Embora, dificilmente, improviso. Poderíamos, aqui, falar de uma *criatividade ensaiada*, a exemplo do que ocorre nas competições enxadrísticas, em que os jogadores criam, antecipadamente, variantes de jogo destinadas a surpreender os seus adversários.

preparação física indispensável. Podemos concluir, portanto, que as perspectiva comportamentalista e a perspectiva funcionalista complementam-se mais do que se excluem. Não há, de fato, como considerar a competência sem o recurso à finalidade – ou teríamos que considerar competente qualquer máquina ou qualquer animal capaz de realizar um conjunto bem definido de tarefas. Mas, também, não se pode compreender como uma competência se concretizaria sem o concurso de atos efetivos – porque, sejam quais forem os fins, eles só serão alcançados por meio das ações corretas, no tempo oportuno.

Se ambos os conceitos, o de competência como comportamento e o de competência como função, são complementares, também se assemelham sob um aspecto importante, que é o da especificidade. De fato, a competência definida como função ou como comportamento sempre se manifesta em âmbitos restritos, ou seja, "o seu campo de ação é rigorosamente delimitado" (Rey, 2002, p.36), o que nos remete à idéia de especialização. Mas, uma vez que a especialização está sempre associada ao ensino sistemático, podemos nos perguntar se não existe qualquer competência que se desenvolva por outro caminho. E, realmente, há atividades em que quase todas as pessoas são competentes, mas que não são, propriamente, domínios de especialização. O exemplo mais notável é a fala, na qual as pessoas são em geral bastante competentes, comunicando-se eficazmente nas mais diversas situações.

A competência lingüística, ao menos no que tange à oralidade, desenvolve-se predominantemente de modo assistemático. Embora ensinemos as nossas crianças a falar, nunca o fazemos da mesma forma que a escola as ensina a fazer contas ou a resolver problemas de ciências. Ao contrário, as crianças pequeninas apreendem os os usos da linguagem nos seus ambientes de convivência, assimilando, com muito pouca orientação explícita, vocabulário, pronúncia, flexões de gênero e número, conjugações verbais, e assim sucessivamente[73]. Essa capacidade para o aprendizado e uso espontâneos da linguagem é estudada por Rey (2002) sob o rótulo de "competência como potência geradora" (p.37), que se define como "o poder que o homem tem de adaptar seus atos e suas palavras a uma infinidade de situações inéditas" (p.47). A competência lingüística, em particular, se define pela capacidade dos falantes em criar frases sempre novas, adaptando-as espontaneamente ao

[73]É Pinker (1994) quem chama a atenção para esse ponto, que pude observar da forma mais divertida: uma vez, quando minha primeira filha era ainda muito pequenina, ela atendeu um telefonema de minha esposa para mim. Ao me chamar, disse "Pai, telefone, é *sua marida*". Ora, marida é uma palavra que nunca nenhum de nós tinha ouvido, embora perfeitamente lógica do ponto-de-vista gramatical. Para Pinker, esse seria um belo exemplo da nossa vocação linguística inata.

contexto em que se dá a comunicação. Conseqüentemente, é um tipo de competência que se manifesta em infindáveis campos de ação, diferenciando-se, portanto, das competências-função, restritas, cada qual, a um domínio bem definido – ou seja, é uma competência não especializada. Diferencia-se, também, das competências-comportamento, uma vez que "a fala humana não é condicionada por estímulos" (p.38).

Pode-se objetar que mesmo a comunicação oral efetiva está intimamente associada à formação escolar, ou a um ambiente "culto". Devemos, entretanto, resguardar-nos contra o etnocentrismo, e evocar a riqueza das muitas falas distantes do âmbito escolar das sociedades industrializadas. A escolaridade e o ambiente cultural estão associados ao domínio da gramática normativa e de um certo vocabulário-padrão, mas, essencialmente, a capacidade de comunicação para a resolução dos fatos corriqueiros da vida, bem como para a expressão criativa, é amplamente compartilhada por pessoas de todas as camadas sociais, e em todos os níveis de escolarização. Nesse sentido, uma criança analfabeta e trabalhadora do sertão baiano tem tanta competência lingüística quanto uma criança escolarizada de classe média urbana, porque precisa comunicar-se eficazmente, não só para a resolver os problemas do cotidiano, mas também para divertir-se. Ela conhece o nome das plantas, pássaros, lugares, pessoas e casas comerciais que compõem o seu mundo imediato. Sabe a quem se dirigir e como se dirigir a alguém, quando tem algo a oferecer, e também quando precisa de algo, pois em geral aprende desde muito cedo a jogar o jogo das trocas econômicas. Em suma, a criança trabalhadora da zona rural traduz na sua fala um domínio amplo do seu habitat físico e cultural. A outra criança, que cresce imersa em um mundo de filmes (estadunidenses, na grande maioria), jogos eletrônicos e Internet, em um espaço social delimitado pelas barreiras de classe e pelas barreiras materiais dos muros que cercam os condomínios e escolas, desenvolve as suas habilidades lingüísticas em um terreno totalmente distinto. Comunica-se bem com os seus pares, em um campo que flutua constantemente entre o real e o virtual, um campo povoado de imagens efêmeras (vídeo clipes, cenários de *games*, notícias estilo CNN...), ícones do consumo (Nike, Nintendo, Windows, iPod...) e metáforas improváveis (*memória* de computador, *deletar* uma idéia, *detonar* um jogo...). Por outro lado, sua competência é geralmente insuficiente para jogar o jogo da sobrevivência (visando a garantia do próprio sustento), no qual normalmente só ingressará após os vinte anos de idade. Nesse sentido, podemos dizer que a competência lingüística da criança de classe média urbana

reflete uma elaborada representação de mundo, no campo simbólico, que não se traduz, necessariamente, no domínio das relações concretas do seu próprio mundo[74].

Assim, a competência como potência geradora, da qual a linguagem pode ser considerada um modelo (cf. Rey, 2002, p37), permeia tanto as atividades ordinárias da vida quanto as tarefas mais especializadas, revelando-se por vias distintas, de acordo com o contexto. Mais uma vez, encontramos aqui uma relação de complementariedade, e não de exclusão, pois a idéia de competência como potência geradora não invalida as idéias de competência como comportamento e de competência como função, mas amplia nossas possibilidades de análise em torno do assunto.

A especialização é apenas um dos aspectos da formação humana, logicamente e cronologicamente antecedido pela manifestação de competências diversas, tanto no aspecto ontogenético quanto no aspecto filogenético. No que tange à língua falada, comunicamo-nos oralmente de forma tão corriqueira e eficaz que tendemos a esquecer de quão “milagrosa” é a capacidade de fazê-lo (Pinker, 1994, p.15)[75]. Particularmente intrigante é a nossa capacidade de produzirmos “uma infinidade de novos enunciados” (Rey, 2002, p.38), não apenas de acordo com as demandas da cada situação, mas também de acordo com os rumos que desejamos imprimir aos nossos diálogos e às nossas atividades. Portanto, o conceito de competência como potência geradora é relevante não apenas porque nos remete às competências de base, que lastreiam o desenvolvimento de outras competências, mas também porque destaca o aspecto criativo das competências, que não se sobressai nos conceitos funcionalista e comportamentalista.

Esse tríplice conceito de competência como competência-comportamento, competência-função e competência geradora é um ponto de partida para o diálogo que se trava nas próximas seções, em que se propõe a investigação das competências humanas, nos seus aspectos cognitivos e culturais.

---

[74] Essa visão das crianças em diferentes situações sócio-econômicas é deliberadamente simplista, mas serve para um propósito ilustrativo. Cabe lembrar, aqui, as histórias do personagem “Chico Bento”, de Maurício de Souza, que comete uma série de gafes quando vai à cidade grande, da mesma forma que seu Primo da cidade as comete, quando vai à roça. O essencial é reconhecer que a competência lingüística não depende essencialmente da escolaridade e nem do acesso aos modernos meios de comunicação. Prova disso são o alcance e a beleza das narrativas de algumas pessoas idosas do interior, calcadas na sua experiência e na riqueza do vernáculo regional, ainda que em desacordo com o purismo da gramática normativa.

[75]Cabendo assinalar que a palavra “milagrosa” não tem aqui um significado místico, mas nos recorda de quão impressionante é o pendor natural dos seres humanos para a linguagem.

Antes de prosseguir, cabe assinalar que, nas discussões que se seguem, a palavra "habilidade" significa a capacidade de realizar uma ação bem específica, e em particular, realizá-la de forma excelente. Nessa acepção, é apropriado falar em habilidades motoras e habilidades cognitivas. Portanto, podemos falar em um cirurgião ou um mecânico competente, com mãos hábeis, ou em um músico que, embora competente, já não tem habilidade nas mãos para tocar piano, devido a uma lesão em área específica do cérebro[76]. Podemos, ainda, falar em um jogador de futebol que é um hábil driblador, embora não muito competente profissionalmente, ou, ao contrário, em um jogador que, sendo pouco hábil nos dribles, é um excelente zagueiro. Da forma como a compreendo, por conseguinte, a habilidade é um dos componentes da competência, sem ser a própria competência[77].

3.2 Competências e cognição

As competências se desenvolvem e se sedimentam em um cenário complexo, onde fatores biológicos e culturais se alternam e se superpõem dinamicamente. Nesse contexto, o potencial cognitivo e as habilidades cognitivas elementares têm um lugar de destaque, pois são a base para o aprendizado. Isso não significa, porém, que todas as habilidades cognitivas são inatas, e que a partir delas se desenvolve o que chamaríamos de inteligência, entendida como um conjunto de capacidades mais gerais, fundadas no poder da abstração. Ao contrário, o desenvolvimento cognitivo é, ele próprio, amplamente condicionado por fatores culturais[78]. De fato, o imbricamento entre biologia e cultura, no processo de desenvolvimento cognitivo humano, é tão complexo que não há consenso, entre os pesquisadores, sobre o relevância de cada um desses fatores.

As interpretações discordantes, e até mesmo antagônicas do fenômeno, são explicitadas por Tomasello (2000, p.37), ao assinalar que os psicólogos do desenvolvimento se dividem em duas correntes principais: a dos que enfatizam os aspectos biológicos, por um

---

[76]Tal é o caso do internacionalmente aclamado pianista brasileiro João Carlos Martins, considerado um dos maiores intérpretes de Bach do século XX. Ao ser golpeado na cabeça por assaltantes, em Budapeste, uma leve lesão cerebral fez com que ele perdesse (ao que parece, definitivamente) a destreza de movimentos em uma das mãos, embora conservando intactos toda a sua sensibilidade e o seu conhecimento musical.

[77]Reconheço, porém, que essa é uma definição, como qualquer outra, até certo ponto arbitrária, porque nem sempre é possível delimitar com total clareza o alcance de uma habilidade.

[78]A discussão da influência cultural sobre o desenvolvimento cognitivo será retomada na seção 4.4.

lado e, por outro lado, a dos que enfatizam a dimensão cultural do desenvolvimento cognitivo humano.

Na linha dos que enfatizam as bases biológicas do desenvolvimento cognitivo, Poortinga e Van der Vijver afirmam que

> no campo da cognição, assim como em outras áreas da psicologia intercultural, as pesquisas freqüentemente têm se iniciado com afirmações taxativas sobre diferenças fundamentais [nos processos cognitivos] que são posteriormente revistas ao cabo de estudos mais cuidadosamente controlados (2004, p.140).

Para esses Autores, os resultados empíricos das suas pesquisas evidenciam a existência de estruturas cognitivas invariantes em diversas culturas. Portanto, embora certas habilidades, como o raciocínio silogístico, pareçam ser totalmente determinadas por um dado modelo educacional, as diferenças ocorreriam de fato na expressão dos raciocínios, mas não na sua forma essencial (pp.141-142)..

Na via oposta, Wang et al. (2004, p.225), enfatizam os aspectos culturais da cognição, e afirmam que

> na teoria cognitiva tradicional, a competência está ligada à solução de problemas ou avaliação de teorias em situações circunscritas de realização de tarefas. O grosso desse trabalho tem sido descontextualizado [...], desconectado das circunstâncias em que os processos [cognitivos] são usualmente apreendidos e postos em ação.

Conseqüentemente, os aspectos culturais do desenvolvimento cognitivo seriam relegados a um plano inferior, originando insuficiências e lacunas teóricas a serem resolvidas.

Para além dessa dicotomia entre aspectos biológicos e aspectos culturais da cognição, Tomasello (2000, p.37) propõe a busca por uma teoria abrangente, por meio de (a) uma abordagem evolucionária da capacidade do ser humano para a cultura e (b) uma abordagem ontogenética do desenvolvimento cognitivo humano em um dado contexto cultural.

Ou seja, diferentemente dos pesquisadores que propõem a existência de bases biológicas para a aquisição de certos conhecimentos em campos específicos (em especial o lingüístico e o matemático), Tomasello sugere que a evolução da espécie humana sedimentou habilidades cognitivas voltadas para as interações culturais, que por sua vez possibilitam as aquisições cognitivas em campos específicos. Isso não significa que o ser humano nasce como *tabula rasa*. Ao contrário, "os processos sociais e culturais durante a ontogênese não criam as habilidades cognitivas básicas", mas "transformam habilidades cognitivas básicas em habilidades extremamente complexas e sofisticadas" (Tomasello, 2003, p.264). A partir de

diversos estudos empíricos, contrastando os processos de desenvolvimento cognitivo em seres humanos e em outros primatas, esse Autor conclui que

> embora a cognição de muitas espécies de mamíferos e primatas seja influenciada de forma significativa pelos seus ambientes sociais, a cognição humana, ao menos nos seus aspectos específicos, é de fato socialmente construída (1999, p.509).

Ou seja, há uma diferença radical entre os seres humanos e os demais primatas, no que tange ao desenvolvimento cognitivo. Enquanto, nos últimos, esse desenvolvimento é *influenciado* pela interação social, nos humanos ele é em grande medida *socialmente construído*. Essa diferença fica mais evidente se, com Tomasello (1999, p.513), acreditarmos que

> As representações cognitivas intersubjetivas e perspectivas [do ser humano] são únicas no reino animal, e capacitam os seres humanos a lidar som o seus mundos (sic) por meios particularmente flexíveis e poderosos.

Conseqüentemente, os seres humanos têm uma capacidade especial para apropriar-se dos artefatos e práticas culturais construídos e aperfeiçoados no decorrer de múltiplas gerações. Essa apropriação envolve "aprendizado imitativo", um processo mais complexo do que o nome pode sugerir, porque

> significa reproduzir um ato instrumental compreendido intencionalmente, ou seja, reproduzindo não apenas os meios comportamentais, mas também os fins intencionais rumo aos quais os meios comportamentais foram formulados (Tomasello, 1999, p.512).

Em suma, afirma Tomasello (2003, p.25), embora os primatas não humanos sejam seres intencionais e causais, apenas os humanos entendem o mundo em termos intencionais e causais. É justamente essa compreensão intencional e causal do mundo que permite às gerações sucessivas desenvolver-se nos "nichos ontogenéticos" característicos de suas respectivas culturas (Tomasello, 1999, p.512), em um processo que envolve, ao mesmo tempo, aprendizado espontâneo e aprendizado mediatizado.

Um problema, aqui, reside em saber quais são e em que nível estão as habilidades cognitivas básicas. Evidentemente, em condições normais, uma criança nasce com a capacidade de ver, de forma que podemos considerar a visão uma capacidade cognitiva elementar. Contudo, se ver (ou seja, tão-somente perceber os estímulos luminosos) é relativamente simples, enxergar é um processo algo complexo, que requer o funcionamento coordenado de uma grande parte do sistema nervoso central.

Podemos perguntar, então, se, dadas mil crianças, com o sistema ocular e cerebral em perfeito estado, todas enxergam o mundo da mesma maneira ao nascer? E após um mês de vida? E após um ano? Em que ponto da ontogênese as diferenças ambientais e os estímulos culturais começarão a impor uma diferença definida sobre as formas de enxergar o mundo? Em algum ponto, certamente, pois em algum momento da vida pessoas educadas em ambientes distintos enxergarão coisas distintas, ao ver a mesma cena. Por exemplo, a criança da roça pode enxergar, pousados em uma árvore, dezenas de pássaros, onde uma criança da cidade talvez enxergue apenas a árvore. Na mesma medida, um artista treinado pode enxergar múltiplos tons de verde, onde talvez eu veja apenas três ou quatro. Podemos, então, dizer que esses atores têm todos a mesma capacidade cognitiva, no campo visual? Ou diríamos que eles têm o mesmo potencial cognitivo, mas que esse potencial é desde muito cedo influenciado pelos estímulos do meio?

Obviamente, questões análogas podem ser levantadas a respeito da relação entre escutar e ouvir, poque a grande maioria das pessoas escuta bem desde o nascimento, mas nem todas desenvolvem as sutilezas da audição aos mesmos níveis.

Logo, sabemos que existem habilidades cognitivas básicas evidentes, como ver e ouvir que, estabelecem limites, mas, por si sós, não determinam os contornos do desenvolvimento cognitivo, nos seres humanos. A memória, em sentido amplo, assim como a articulação vocal necessária à fala, provavelmente estão nesse mesmo nível, porque "dificilmente, teríamos sobrevivido como espécie por tantos milhares de nos sem uma probabilidade segura de que seríamos todos capazes de falar, perceber e lembrar de muitos tipos de informação de maneiras relativamente similares" (Gardner, 1994, p.43). Por outro lado, a plasticidade do sistema nervoso permite que capacidades específicas se desenvolvam de acordo com as necessidades experimentadas pelo indivíduo, e de acordo com os estímulos por ele recebidos, seja espontaneamente, seja por força da orientação de um outro indivíduo.

Esse imbricamento entre capacidades inatas e influências do meio, no desenvolvimento cognitivo, tem impacto direto sobre a questão das competências, o que se torna evidente nos estudos sobre a *expertise*[79]. A competência do *expert* desenvolve-se sobre o

---

[79] Uso o termo *expertise*, da língua inglesa, por ser difícil traduzi-lo sem perda do seu significado. *Expert* é aquele que adquiriu grande proficiência em uma determinada área de atividade, o que não coincide exatamente com o termo "especialista", em língua portuguesa. A rigor, um profissional recém-formado poder ser um especialista, sem que com isso seja ainda um *expert*. Por outro lado, a palavra "virtuose" captura algo do termo in inglês, mas normalmente é usada, no nosso idioma, com referência às pessoas capazes de performances

alicerce de capacidades cognitivas favoráveis, em um contexto social próprio, no qual o indivíduo adquire uma experiência extensa em sua área de atuação, quase sempre sob a orientação de outros, também competentes.

Um cirurgião competente precisa ter um controle motor muito fino nas mãos. Esse é um fator psicomotor, derivado de um potencial inato aprimorado pelo exercício, mas que possivelmente fundamenta-se em uma estrutura nervosa que não é igual para todo ser humano. De maneira análoga, os grandes enxadristas são dotados de uma memória espacial específica, que até certo ponto pode ser desenvolvida por meio de treino, mas que também depende de uma base cerebral que parece não ser comum para todos.

O vínculo histórico entre os testes de inteligência – em particular o QI – e as teses racistas e eugenistas provocou em muitos círculos acadêmicos a rejeição à de que as possibilidades cognitivas sejam biologicamente condicionadas. Aliás, não à idéia de que sejam condicionadas, porque obviamente o são, mas à idéia de que haja diferenças substantivas, biologicamente fundadas, entre as pessoas, no que tange ao seu potencial de desenvolvimento cognitivo.

De fato, as teses em favor das supostas diferenças de "inteligência" entre grupos étnicos não encontram respaldo teórico nem empírico, e têm sido justificadamente descartadas. Mas isso não impede de nos perguntarmos se o potencial cognitivo é praticamente idêntico, para todos os indivíduos, ao nascer, ou se há diferenças individuais nesse particular, independentes da etnia. Essa pergunta decorre naturalmente da observação dos superdotados, isto é, pessoas que desde cedo desenvolvem habilidades extraordinárias, tornando-se virtuoses precoces em uma ou mais áreas de atuação. No campo teórico, a tese das inteligências múltiplas, de Gardner (1994; 1998), abre caminho para a compreensão desse fenômeno, ao acomodar dois dos seus aspectos principais, que são, primeiro, as diferenças individuais na aquisição de certas competências, de que os superdotados dão um exemplo notório, e segundo, a assimetria no desenvolvimento de diferentes competências no indivíduo. Portanto, já não falaríamos em indivíduos mais ou menos inteligentes, mas sim em indivíduos dotados de maior ou menor potencial em cada uma das áreas-chave: lingüística, lógico-matemática, musical, espacial, corporal-cinestésica, interpessoal, intrapessoal, natural e (possivelmente) existencial.

---

excepcionais, em particular na música. Ocorre que o *expert* é proficiente, mas não necessariamente excepcional, quando comparado com outras pessoas que exercem a mesma atividade.

Isso nos coloca diante de duas possibilidades: (1) As bases neurológicas das competências são semelhantes para todos os seres humanos, ressalvados os casos de danos congênitos ou acidentais ao sistema nervoso; ou (2) As bases neurológicas das competências variam, de pessoa para pessoa, dentro de certos limites ainda não totalmente discerníveis, experimentalmente. No primeiro caso, deveríamos supor que, a partir de estímulos semelhantes, quaisquer pessoas seriam igualmente capazes de desenvolver proficiência em qualquer campo de atividade. Conseqüentemente, qualquer criança que ao nascer não trouxesse alguma limitação física ou neurológica poderia, em princípio, se tornar um Pelé, um Ivo Pitangui, uma Nise da Silveira, um Ayrton Senna, uma Fernanda Montenegro ou um César Lattes, para mencionar apenas alguns dos homens e mulheres notáveis que o Brasil deu ao Mundo. Caso contrário, teríamos que admitir que, mesmo em condições sociais e culturais semelhantes, certas capacidades cognitivas de pessoas diferentes não se desenvolveriam na mesma extensão, ou no mesmo ritmo, impondo, por assim dizer, um "teto" para as realizações de cada um em determinadas áreas. Sendo assim, as diferenças neurológicas entre indivíduos provavelmente influenciariam as vocações, isto é, a maior ou menor dotação e a maior ou menor atração que cada pessoa sente por determinadas atividade, seja no campo da ciência, das artes dos esportes, ou outro qualquer.

Esta última forma de ver o problema das aptidões cognitivas, embora verossímil, é algo desconfortável, em um contexto sócio-econômico no qual a maioria das crianças e jovens não desfruta sequer das condições sanitárias, nutricionais e educacionais para o desenvolvimento mediano do seu potencial intelectual. O problema é que fica difícil nos determos em possíveis diferenças biológicas entre sujeitos, que seriam próprias da espécie, quando o quadro de discriminação e de exclusão vigente no plano nacional e internacional estampa em determinadas grupos sociais a marca do subdesenvolvimento intelectual. Digo deliberadamente grupos, e não classes, não porque desconheça as diferenças de classe, mas porque dentro de uma mesma classe, encontramos crianças e jovens sujeitos a ambientes formativos muito heterogêneos. Penso, por exemplo, nas escolas particulares brasileiras, onde transitam alunos supostamente pertencentes a uma mesma classe social, e que portanto, desfrutariam todos de oportunidades educacionais igualmente boas. Na prática, tal suposição não se confirma, porque muitas das crianças e jovens das classes economicamente privilegiadas formam-se no seio de ambientes cognitivamente paupérrimos. Fenômeno que não chega a surpreender, considerando que a alienação consumista extrema (um dos

fenômenos hoje agrupados sob o apelido de globalização) faz-se acompanhar pela redução das variantes intelectuais, lúdicas e estéticas, bem como pela fragmentação e esvaziamento do discurso, nos níveis mais diversos[80]. Tais ocorrências, observáveis em âmbitos tão distintos como os jogos de computador, o cinema de Hollywood e a indústria carnavalesca da Bahia, ao promoverem a hegemonia das manifestações culturais prontamente *consumíveis*, em detrimento das demais, estreitam o *horizonte cognitivo* de uma parcela expressiva da sociedade. Nesse sentido, podemos falar de grupos economicamente incluídos, mas *excluídos cognitivamente*, por falta de acesso a uma variedade salutar de expressões artísticas e científicas de qualidade.

Diante desse quadro, a discussão sobre as diferenças inatas de potencial cognitivo torna-se supérflua, no contexto do presente trabalho. Nas discussões que se seguem, sobre o desenvolvimento das competências humanas, partiremos do pressuposto de que, excetuados os casos patológicos graves, o potencial cognitivo das pessoas, ao nascer, é sempre suficiente para que elas se tornem muito competentes em um ou mais campos de especialização, e plenamente aptas para uma vida responsável e produtiva. Em particular, estaremos interessados em identificar obstáculos e possibilidades para o desenvolvimento das competências humanas, diante da crescente vulgarização dos sistemas cibernéticos, visando a formação daquele a quem chamaremos *ser competente*. Antes, porém, discutiremos o papel da intencionalidade na sedimentação e na expressão das competências.

3.3 Competências e intencionalidade

Até o momento, vimos que as competências humanas específicas desenvolvem-se sobre o arcabouço de capacidades cognitivas primárias, e sobre ao menos uma forma de competência geradora – portanto, genérica –, que é a fala. Vimos também que a capacidade humana peculiar de entender o mundo por uma perspectiva intencional e causal nos torna aptos aos processo de interação cultural que realimentam o desenvolvimento cognitivo, e por conseguinte, viabilizam a sedimentação das competências. Falto-nos, contudo, um quadro unificador para a compreensão dos fundamentos desses processos. Tal lacuna nos remete ao trabalho de Searle (1994; 1995a; 1995b; 1997; 2000) sobre a intencionalidade.

---

[80]Lauand (2006) apresenta um interessante estudo comparativo de traduções brasileiras de uma história do Tio Patinhas, entre os anos de 1958 e 2004, mostrando, entre outras coisas, como o vocabulário tem se tornado mais limitado, as estruturas gramaticais mais simples, e o léxico, mais servil aos originais em inglês.

> Poderíamos dizer, a título de formulação preliminar, que Intencionalidade é aquela propriedade de muitos estados e eventos mentais pela qual estes são dirigidos para, ou acerca de, objetos e estados de coisas do mundo (Searle, 1995, p.1)[81].

Desde logo, cabe alertar que o termo "intencionalidade", nesse sentido, não se refere necessariamente a um estado mental que se manifesta como intenção (objetivo) de fazer alguma coisa. De fato, um objetivo, assim como um *querer fazer* algo são estados intencionais porquanto dirigidos a objetos ou estados de coisas, conforme a definição acima. Contudo, inúmeros outros estados mentais são também intencionais, sem que envolvam, necessariamente, qualquer objetivo ou *querer fazer*. Portanto, "crenças, esperanças, temores e desejos são intencionais, mas há formas de nervosismo, exaltação e ansiedade não-direcionada que não o são" (Searle, 1995, p.2). Assim, se tenho medo de alguma coisa em particular, esse medo caracteriza-se como estado intencional, mas, se experimento um temor indefinível, desvinculado de um objeto específico, não há intencionalidade.

A intencionalidade é irredutível a estados mentais mais elementares. Em outras palavras, os estados intencionais são "fenômenos mentais intrínsecos que não podem ser reduzidos a outra coisa ou eliminados por algum tipo de redefinição" (Searle, 1995, p.363), e "os estados mentais são tão reais quanto quaisquer outros fenômenos biológicos, tão reais quanto a lactação, a fotossíntese, a mitose ou a digestão" (Searle, 1995, p.366). Ancorados na estrutura o sistema nervoso central, os estados intencionais não são, segundo Searle, exclusivos dos seres humanos, mas certamente estão presentes em muitos animais, e obviamente, nos primatas.

Antes de prosseguirmos, vale à pena explicitar a aparente incompatibilidade entre essa afirmativa de Searle sobre a presença da intencionalidade em outras espécies e as afirmativas já mencionadas de Tomasello, sobre a capacidade peculiar dos seres humanos para a compreensão causal e intencional do mundo. Na verdade, ambas as posições não se excluem, necessariamente, desde que compreendamos a intencionalidade como atributo, necessário, porém não suficiente para a compreensão intencional e causal do mundo – embora, provavelmente, suficiente para o comportamento causal e intencional, que de fato se observa

---

[81] O livro citado, originalmente publicado em 1983, é o primeiro em que Searle desenvolve amplamente a teoria da Intencionalidade. Nele, o termo aparece com inicial maiúscula, para distinguí-la da "intencionalidade" (com minúscula) entendida meramente como estado em que há intenção de se fazer algo. Em obras posteriores, Searle (1994, 1995) abandona essa prática, e a palavra é sempre gravada em minúsculas. A partir de agora, no presente texto, essa opção mais recente será adotada.

em muitos animais. É provável, portanto, que a filogênese humana tenha, em algum ponto, nos equipado de maneira diferenciada para a compreensão de mundo, a partir de uma base comportamental comum com outros mamíferos superiores, embora por vias que ainda não compreendemos integralmente[82]. Esse é um ponto sobre o qual não nos aprofundaremos, porque, para os propósitos do presente texto, eventuais discordâncias dos estudiosos no que concerne ao potencial cognitivo dos animais não são, a princípio, relevantes. O importante é nos firmarmos em um terreno razoavelmente sólido, concernente ao potencial cognitivo humano, que o estudo de outras espécies às vezes nos ajuda a compreender.

Feita essa ressalva, devemos completar a noção de intencionalidade com a noção de Background[83], que segundo Searle, é subjacente à primeira. Background é o conjunto de "capacidades, habilidades, e *know-how geral"* que permite o funcionamento dos nossos estados mentais (Searle, 1994, p.175). Uma das formas de compreender o Background é como um conjunto de faculdades "não representacionais", que se colocam como condição de possibilidade do uso da linguagem, ao proporcionar a base sobre a qual a compreensão das sentenças é possível. Assim,

> o mesmo significado literal determinará diferentes condições de satisfação, por exemplo, diferentes condições de verdade, relativamente a diferentes pressupostos de Background, e alguns significados literais não determinarão condições de verdade devido à ausência de pressupostos de Background apropriados (Searle, 1994, p.178).

Por exemplo, se no meio de um jogo de futebol, um amigo diz ao outro "vai, chuta!", o que o ouvinte deve entender? Qual é o desejo do falante? Provavelmente, o de que o ouvinte dê um bom chute no rumo do gol adversário. Mas, a rigor, há outras possibilidades de entendimento, algumas verossímeis ("chuta para fora, que vêm chegando dois adversários"), outras descabidas ("chuta no nosso gol que o goleiro está distraído"). O significado mais provável será compreendido em contexto, não só do instante em que a sentença é proferida,

---

[82]Biologicamente, o sistema nervoso humano se destaca em relação ao dos outros animais devido ao seu maior índice de encefalização, ou seja, a razão entre a massa cerebral e a massa corpórea, que nos humanos é sensivelmente maior do que em qualquer outra espécie (Fonseca, 1998; Sagan, 1983). Embora, dentro da espécie humana, a variação de alguns pontos percentuais nesse índice seja irrelevante, sua variação entre as espécies relaciona-se de forma consistente com a variabilidade comportamental, e com as habilidades cognitivas da espécie. Contudo, não sabemos ainda de que forma essa característica peculiar contribui para a capacidade humana de entender o mundo de forma intencional.

[83]Iniciando por maiúscula, e em inglês, conforme convenções adotadas respectivamente por Searle e por seus tradutores.

mas em relação a todo um conjunto de práticas sociais subjacentes, aqui representadas no jogo de futebol.

Com exemplos análogos a esse que criei, Searle quer mostrar que, mesmo em relação a sentenças muito simples, “o número de interpretações errôneas[84] é estritamente ilimitado” (1994, p.180). E não é apenas a nossa capacidade de interpretar o significado literal das sentenças que mostra a importância do Background, mas também a nossa capacidade, também aparentemente ilimitada, de criar e compreender metáforas.

Em aproximação com aquilo que chamamos de habilidades cognitivas de base, Searle adota o termo “Background de base”,

> que incluiria no mínimo todas aquelas capacidades de Background comuns a todos os seres humanos normais em virtude de sua constituição biológica – capacidades tais como andar, comer, pegar, perceber, reconhecer (1995a, p.199).

Complementarmente, “a atitude pré-intencional que leva em conta a solidez das coisas e a existência independente de objetos e [de] outras pessoas” seria própria do “Background local”, entendido como as

> práticas culturais locais, que incluiriam coisas tais como abrir portas, beber cerveja em garrafa e a atitude pré-intencional que assumimos em relação a coisas como carros, geladeiras, dinheiro e reuniões sociais (1995a, p.199).

Da associação desses dois aspectos do Background nascem as condições para o aparecimento dos estados intencionais, que incluem os desejos, o ímpeto, as intenções e a deliberação. É nesse ponto que o terreno para o desenvolvimento das competências começa a se delinear, porque não é possível pensar qualquer competência que se desenvolva ou que se concretize, em ato por outra via, que não seja a de uma atitude deliberada, direcionada, e por conseguinte, intencional. A propósito, Rey (2002, p.36) afirma que

> se não há uma competência sem objetivo, se ela é a faculdade de organizar os movimentos elementares visando a uma ação socialmente identificável, ela coloca em cena a intenção daquele que a possui.

Indo um pouco além, eu diria que a competência, em suas variadas manifestações coloca em cena a intencionalidade do sujeito, no sentido que Searle atribui ao termo intencionalidade. Estabeleço, assim, uma relação dialética entre conceitos, pois na mesma medida em que o Background fundamenta os estados intencionais, e estes condicionam o desenvolvimento das competências, estas, ao se desenvolverem, modificam o ambiente físico,

---

[84] *Misinterpretations*, no original.

biológico e cultural do indivíduo e da espécie. Logo, o Background não é um terreno sólido, porém movediço, alterando-se sob o efeito das competências às quais serve de base: é o ser intencional transformando o mundo.

3.4 A erosão das competências

O desaparecimento, ou erosão, de certas competências, é um fenômeno que salta aos olhos de qualquer educador no campo das ciências formais e da natureza[85]. Nos últimos anos, os estudantes têm se tornado cada vez mais dependentes das máquinas de calcular eletrônicas, mesmo para realizar cálculos elementares. A esse respeito, pode-se alegar que, com a banalização das calculadoras, na prática não há nessa tendência nenhum mal. Entretanto, as coisas não são assim tão simples, pois, quando os alunos tornam-se dependentes das calculadoras, eles não transferem para elas apenas “a parte mecânica da aritmética”[86], como seria desejável. Freqüentemente, a possibilidade de realizar cálculos muito rapidamente faz com que eles suspendam o seu julgamento a respeito dos resultados. Uma das mais rotineiras manifestações dessa tendência é a perda de noção das ordens de grandeza.

Quando os cálculos eram feitos à mão, ou com a ajuda das réguas de cálculo, era necessário, a cada passo, monitorar o deslocamento posicional das casas decimais, para exprimir os valores corretamente por meio da notação científica. Além disso, era necessário desenvolver uma sensibilidade apurada para a oportunidade de aproximações que facilitassem os cálculos, sem perda significativa da precisão. Mais ainda, as divisões e multiplicações envolvendo grandes números tinham que ser feitas através de logaritmos, o que tornava uma certa vigilância epistemológica parte essencial do processo de cálculo. Portanto, a parte mecânica da aritmética permanecia vinculada ao significado dos números. Agora, como a calculadora realiza os cálculos instantaneamente, com um certo número algarismos significativos, o estudante fica propenso a se despreocupar do significado das operações.

Se desejo fazer a operação (10.020.000 + 2.500.000) / 1.001, e não disponho de calculadora à mão, desprezo, de saída, a unidade "1" do denominador. Depois, posso simplesmente eliminar três zeros de cada membro do numerador, e depois somá-loas, obtendo o resultado 12.520, em poucos segundos. Contudo, um aluno de graduação típico, hoje em

---

[85]O que não significa que não ocorra, também, em outras áreas.

[86]Expressão usada por Collins (1992a), para falar daquilo que as calculadoras podem fazer.

dia, digitaria os algarismos e operadores na calculadora, diretamente, tal como aparecem na expressão. Fazendo isso, na calculadora do Windows® (com maior demora, em comparação com o cálculo de cabeça), obtenho o resultado 12487,512487512487, que é apenas cerca de 0,1% menor do que o obtido anteriormente. Naturalmente, essa diferença é desprezível na maioria dos cálculos em engenharia e ciências, ao menos como uma primeira aproximação. O problema é que, tendo perdido a vigilância sobre as ordens de grandeza, eu poderia, por exemplo, esquecer de digitar um zero no segundo operando do numerador. Então, o resultado da operação seria (10.020.000 + 250.000) / 1.001 = 10259,7402597402597, portanto cerca de 18% menor do que deveria ser, o que certamente comprometeria os cálculos.

Um exemplo dado por Collins (1992) é esclarecedor. Trata-se de um aluno que precisava calcular a posição de um ponto em uma reta, bastando, para isso, multiplicar a coordenada x, igual a 352, pela inclinação da reta, igual a -0,84104. Seguindo seu “bom senso”, o aluno, “pouco versado em números”, digitou “352 x - 0,84104 =”, e aceitou prontamente a resposta da máquina: 351,15896. Obviamente uma resposta errada, pois a resposta certa seria -296,04608. Porém, da forma como a operação foi inserida na calculadora, o que o aluno realmente fez foi subtrair 0,84104 de 352, porque o sinal de subtração se sobrepôs ao de multiplicação, digitado antes. Um tipo de erro que jamais aconteceria se o aluno fosse forçado a efetuar a operação à mão, mesmo que com isso fosse necessário aceitar um valor aproximado. O problema grave que se evidencia aqui é a suspensão do juízo sobre o resultado obtido, ou, por outra via, a confiança cega no resultado dado pela máquina. Cabe insistir que não se trata apenas de um problema de desatenção, ou um pequeno deslize de cálculo. Afinal, se um dos operandos era positivo, e o outro negativo, o resultado da multiplicação deveria ser negativo. Esse é um princípio que se aprende na escola fundamental, mas que o aluno do exemplo, em nível universitário, desconsiderou. De fato, as narrativas dos professores universitários estão atualmente cheias de exemplos de mesma natureza, e não é raro ver alunos em cursos de Ciência da Computação e afins, que recorrem à calculadora para fazer contas tais como 120 ÷ 4 (cento e vinte dividido por quatro), ou 2^5 (dois elevado à quinta potência).

Obviamente, não afirmo que é melhor trabalhar sem calculadora, mas sim que a calculadora, ao incentivar um certo descaso epistemológico, tem se constituído em fator de erosão da competência aritmética. Conseqüentemente, o seu lugar no ensino deve ser pensado com muita cautela. Falando sobre os processadores de texto na escola (assunto a que

retornaremos em breve) Crandall e Levich (1998, p.120) nos lembram de que "[...] as coisas que nos ajudam quando já sabemos como fazer algo não são de modo algum as mesmas coisas que nos ajudam a aprender como fazer"[87].

Portanto, há fortes indícios de que a tecnologia tem contribuído para a erosão de pelo menos uma competência amplamente valorizada historicamente – no caso, a competência aritmética[88].

Ao considerarmos esta questão em profundidade,

> [...]seremos forçados a admitir que nem as calculadoras de bolso, nem as unidades centrais [de processamento] podem realmente fazer aritmética, mas que elas podem apenas se ocupar de uma pequena parte mecânica que se encontra no centro da aritmética. São os usuários humanos de computadores que fazem o resto. Forçosamente, são os homens que executam todos os atos aritméticos que são logicamente anteriores e logicamente posteriores à parte mecânica (Collins, 1992a, p.80).

Paradoxalmente, portanto, a calculadora, por mais sofisticada que seja, não será capaz de substituir a competência aritmética, que ela ajuda a erodir: uma circunstância que pode se tornar emblemática de um mundo crescentemente automatizado, onde as pessoas são sutilmente seduzidas pela tecnologia, de modo a delegar uma parte cada vez mais significativa das suas atividades aos sistemas computadorizados[89].

Em contraponto a esse tipo de preocupação, pode-se argumentar que, se as máquinas forem amplamente disponíveis, baratas e eficazes, não há importância no fato de algumas competências serem perdidas, em favor da automação Em outras palavras, as competências sujeitas a erosão podem não ser realmente importantes, e portanto, talvez não devamos nos

---

[87]Ao cabo de uma análise ainda mais radical, o físico Clifford Stoll (2000, p.90) conclui que os computadores – e por extensão, as calculadoras – não têm lugar no ensino de matemática.

[88] Há um antigo conto de ficção científica, cuja fonte me escapa, em que um indivíduo redescobriu, para espanto da comunidade, como fazer cálculos aritméticos sem ajuda das máquinas. Um enredo inetressantíssimo, que esbarra em uma questão intrigante: se o *know-how* aritmético tinha sido completamente perdido, quem era responsável pelo projeto das máquinas de calcular? A esse respeito, cabe observar que projetistas de computadores têm um domínio profundo dos métodos aritméticos, especialmente para fazer face aos problemas de aproximação.

[89]Várias questões vêm à mente, com essa discussão. Por exemplo, hoje em dia, é de conhecimento amplo que processadores digitais de sinais, com enorme poder computacional, são usados para corrigir notas fora do tom, em espetáculos ao vivo, ou seja, a competência de cantar com afinação vai sendo substituída pela capacidade da máquina em corrigir a desafinação. Mas é essa a forma de arte que queremos promover? Na medida em que temos tantos grandes talentos sem a oportunidade de se profissionalizar, a quem serve esse tipo de *prótese musical*, em socorro aos menos talentosos?

esforçar por preservá-las. Acredito, porém que a preservação de determinadas competências de base, continuará sendo importante, mesmo quando as máquinas forem capazes de realizas as tarefas a que tais competências normalmente se encontram associadas.

Devemos eliminar, de saída, a idéia de que não podemos depender das máquinas, ou mais precisamente, dos sistemas automatizados. Nós de fato já somos completamente dependentes da automação, e não parece que essa situação possa se reverter. Ao contrário, a dependência tende cada vez mais a se acentuar. Por outro lado, talvez seja possível escolher entre uma dependência cega e uma dependência vigilante. Tal distinção pode ser colocada por meio de uma analogia. Um pesquisador experiente, coordenador de um grupo de pesquisa, normalmente depende dos seus estudantes de doutorado para levantar dados e realizar experimentos. Se as pesquisas em andamento são muitas, o pesquisador-chefe não dará conta de todos os procedimentos operacionais, e nem mesmo da interpretação de todos os dados sozinho. Contudo, ele não deverá, em momento algum, renunciar ao seu *faro* técnico e metodológico, fruto do conhecimento e experiência que, supostamente, o diferenciam de seus pupilos. Somente sua vigilância epistemológica poderá livrá-lo do eventual vexame de assinar um artigo escrito pela equipe e que, eventualmente, contenha falhas metodológicas que não escapariam a um olhar crítico mais apurado[90].

Na ciência atual, boa parte do trabalho de observação e mensuração vem sendo automatizado. Talvez o exemplo mais marcante dessa tendência seja a astronomia, onde os cientistas praticamente já não fazem observações diretas através dos telescópios. Agora, dispositivos sensíveis à luz, semelhantes aos existentes nas câmeras digitais, varrem automaticamente os céus, coletando dados que são armazenados e processados em computador, antes mesmo que os astrônomos possam fazer qualquer observação. Por um lado, a quantidade e precisão dos dados coletados cresce muito, em relação às observações e fotografias do passado. Por outro lado, torna-se cada vez mais difícil separar o joio do trigo, isto é, reconhecer, em meio à avalanche de dados, aqueles que são de fato significativos. Não é difícil imaginar que, se os astrônomos perderem o senso crítico, poderão aceitar dados

[90]Em casos extremos, pesquisadores iniciantes podem até mesmo inventar dados na tentativa de se promover (e não só entre os inexperientes...). O coordenador da equipe deve ser capaz de analisar criticamente os resultados obtidos, assim como os procedimentos metodológicos (estatísticos, computacionais) usados para consolidá-los. Por isso, quando eu era aluno do curso de eletrônica, na Escola Técnica Federal da Bahia, os nossos professores de laboratório sempre avaliavam com especial rigor os relatórios de experiências cujos resultados se aproximavam demais daqueles esperados pela teoria.

inconsistentes como se fossem consistentes, em função de alguma falha de hardware ou software. Logo, a vigilância epistemológica do pesquisador, nesses tempos de automação, parece ser ainda mais importante – e exigir mais qualificação – do que no passado.

Em um nível mais prosaico, se um engenheiro se utiliza de um software especializado para realizar os cálculos estruturais de determinada obra, ele deve, pelo menos em tese, ter a capacidade de julgar a qualidade das respostas fornecidas pelo software, a fim de perceber eventuais desvios que possam colocar o sucesso do empreendimento em perigo. Mas, se o engenheiro tiver sido um desses estudantes que se formaram sem a noção de ordens de grandeza, inseguro quanto às suas próprias capacidades, ele estará propenso a confiar cegamente na máquina, podendo mesmo se habituar a fazê-lo. Então, se o software falhar e apresentar um resultado absurdo, nosso engenheiro talvez não esteja apto a perceber e corrigir a aberração, antes que ela se materialize sob a forma de um dano econômico, ambiental ou à vida humana.

A capacidade de expressão escrita é outra competência cuja erosão tem sido associada à disseminação dos computadores (Stoll, 2000; Armstrong e Casement, 2001; Talbott, 1995; Setzer, 2001). Em um nível elementar, o corretor ortográfico automático, tão útil durante uma revisão final de texto, tem o efeito perverso de nos desobrigar de grafar corretamente as palavras. Conseqüentemente, se uma criança se habitua a usar o corretor todo o tempo, sente-se menos estimulada a aprender ortografia. No caso dos adultos, só um trabalho empírico bem conduzido poderia determinar até que ponto o uso do corretor ortográfico prejudica a capacidade de grafar as palavras corretamente. Para a maioria dos professores universitários com quem converso, cotidianamente, parece claro que os jovens habituados a só redigir no computador despreocupam-se de grafar as palavras corretamente, o que torna a sua escrita manual algo desagradável, para o leitor.

Os corretores gramaticais, mais complexos, representam uma tentativa, de substituir – ou na melhor das hipóteses, apoiar –, por meio da automação, outra competência socialmente valorizada, que é a capacidade de escrever textos estruturalmente corretos. Porém, o uso indiscriminado de corretores gramaticais evoca pelo menos duas questões graves: um primeiro lugar, a gramática nunca impõe um rigor formal absoluto, e por mais que o software seja flexível, em termos das regras gramaticais propostas, não pode sequer se aproximar das possibilidades gerativas quase infindáveis da linguagem natural, que são habilmente exploradas pelos escritores competentes. Em segundo lugar, gramática e estilo são

indissociáveis, de modo que uma padronização mecânica da gramática cria um engessamento estilístico intolerável, como pode constatar qualquer escritor medianamente capaz, que tenha tentado usar um corretor gramatical. São questões que tem a ver com aspectos constitutivos dos computadores eletrônicos digitais, e que provavelmente não serão resolvidas através de qualquer avanço tecnológico[91].

Ainda no âmbito da linguagem, os tradutores automáticos, embora imperfeitos, têm se difundido bastante. A conseqüência disso é que textos mal traduzidos, cheios de problemas gramaticais e estilísticos, são usados por estudantes de diversos níveis como material de consulta, o que aos poucos vai minando a sua capacidade de discernir entre um texto bem escrito e um texto mau escrito. Claro, pode-se argumentar que os softwares de tradução tornaram acessíveis, a muitas pessoas, textos aos quais elas antes não teriam acesso. Nas ciências formais e da natureza, talvez, embora nas ciências humanas a utilidade de qualquer texto substancioso, traduzido por meios automáticos, seja um tanto duvidosa. Persiste contudo, o problema gerado pela poluição estilística e gramatical causada pelas traduções de péssimo nível, que podem a se tornar referências para os jovens estudantes, minando sua capacidade, e até o seu desejo de escrever bem.

Diante dessas considerações sobre o papel da tecnologia na erosão das competências humanas, cabe reconhecer que a tecnologia também reformula competências antigas e estimula o desenvolvimento de outras, novas. Portanto, se a análise e os exemplos acima se concentram no lado negativo da questão é porque, por um lado, é esse o aspecto que se encaixa na estratégia argumentativa do presente texto, e por outro lado, porque é desejável apresentar um contraponto à apresentação laudatória das "tecnologias da inteligência", tão em voga atualmente.

---

[91]Em particular, o abismo existente entre sintaxe e semântica, tantas vezes reiterado por Searle (1994; 1997a; 1997b).

4 Ser Humano, Ser Competente

Na presente capítulo busca-se compreender a atualização das competências, na formação daquele a quem se chamará um *ser competente*, ou seja, a pessoa capaz de traduzir uma certa gama de competências em um processo continuado de ações produtivas, socialmente contextualizadas. Propõe-se que, em um mundo de automação, o ser competente é aquele cuja *práxis* exprime a convergência entre *epistéme*, *tékhne* e *phrónesis*.

O título da presente seção comporta propositalmente três significados: primeiro, podemos entender a locução "ser competente" como um substantivo adjetivado, ou seja, uma referência ao indivíduo competente, remetendo-nos à necessidade de discutir as caraterísticas que o identificam como tal. Segundo, a mesma locução pode ser lida como a indicação de uma situação, ou um processo em andamento, ou seja, uma referência ao estado de ser competente, dilatado no tempo, o que nos remete à necessidade de explicar como as competências se desenvolvem e se sedimentam, ao longo da vida. Finalmente, "ser humano, ser competente" também significa que ser humano é necessariamente ser competente, ou mais precisamente, que o processo de humanização passa pelo desenvolvimento da competência em sentido amplo, inclusive sob a forma de competências profissionais, o que nos remete ao problema da *práxis*. Esse jogo de significados determina o plano expositivo do capítulo, assim delineado:

A seção 4.1 estabelece o nexo entre a caracterização anterior do ser humano como ser intencional, e a sua caracterização como um ser da *práxis*.

Na seção 4.2 analisa-se o desenvolvimento das competências no contexto social, compreendendo que as competências individuais são a face mais visível de competências coletivas, desenvolvidas por meio da interação cultural.

Por fim, na seção 4.3 estabelece-se uma caracterização do ser competente face a um mundo de automação, como aquele em quem se manifesta a síntese das três virtudes intelectuais aristotélicas, *epistéme* (conhecimento teórico), *tékhne (savoir-faire)* e *phrónesis* (sabedoria prática)[92].

4.1 Um ser da práxis

Encerramos a seção 3.3 mostrando a relação dialética entre intencionalidade e mundo, mediada pelo ser intencional. A partir de agora, veremos quais são as condições para que este ser se caracterize também como ser da *práxis*, para o que, não basta ser intencional.

À definição de *práxis* como "atividade humana material e social de transformação da realidade objetiva da natureza, da sociedade e do próprio homem" (LOGOS, vol.4, p.402), devemos acrescentar que essa atividade, quanto mais se humaniza, mais se vincula a um esforço autoconsciente do indivíduo pela construção de um projeto existencial. Projeto que, necessariamente, envolve a permanente redefinição do seu lugar na sociedade, na medida em que a própria sociedade se redefine.

Se, como quer Paulo Freire, a vocação ontológica dos dos seres humanos é "a do ser mais" (2005, p.47), então a intencionalidade é o atributo sobre o qual essa vocação se atualiza. Mas esta há de ser uma intencionalidade dirigida a propósitos definidos, primeiro como projeto, e depois como esforço coletivo de reconstrução do mundo. Caso contrário, a vocação do "ser mais" estanca, como simples potencial não realizado.

> O homem deseja realmente dar a si um novo modo de ser, mas percebe ser ilusório fazê-lo em pensamento, tendo que conquistá-lo pela modificação impressa à realidade a que pertence. São as novas relações com o mundo, especialmente as condições de trabalho, para os indivíduos e para os povos, que concretizarão o verdadeiro projeto humano (Pinto, 2004, v.1, p.58)

No caso, Vieira Pinto destaca a idéia do projeto como sustentáculo da *práxis*, ou seja, como fundamento para transformação da realidade, em oposição à visão idealista de "projeto" como um "movimento interior do espírito, que 'deseja' ser diferente do que é, só aspira a modificar o sentimento do ser interior do homem" (Pinto, 2004, v.1, p.57-58).

---

[92]Conforme a transcrição alfabética do grego adotada por Chauí (2002). Minha apropriação das virtudes aristotélicas baseia-se nas traduções da Ética a Nicômaco da Oxford (1998) e da Editora Martin Claret (2005), bem como nas interpretações de Chauí (2002), Blackburn (1997) e LOGOS (1987).

Ao passo em que, na relação dos animais com a natureza não existe ainda um "projeto", no ser humano a faculdade de abstração obriga à expansão dos horizontes existenciais pera além do espaço e tempo imediatos. Nesse sentido, o "projeto", na vida humana, não é uma opção, mas uma imposição existencial. A alternativa seria a degradação do indivíduo a uma condição de "mero consumidor", que "não trabalha, não cria, não 'resolve' nenhuma situação vital autêntica em geral" (Pinto, 2004, vol.1, p.61). Mas, excetuado esse caso de degeneração, que é mais uma conjectura do que uma possibilidade real, todos os seres humanos transformam-se por meio do trabalho, e fazendo-o, transformam o mundo. Por mais que a nossa consciência seja uma consciência ingênua, e o nosso trabalho, um trabalho alienado, ainda assim seremos pessoas em permanente transformação perante os dados concretos da realidade, que nos obriga a um esforço ininterrupto de abstração e de intervenção sobre o ambiente, no plano físico e no plano social[93].

O salto qualitativo essencial no processo de humanização consiste em tomarmos consciência da nossa realidade existencial, de modo que os nossos projetos não sejam apenas instrumentos para a solução dos problemas circunstanciais da vida, mas sobretudo constituintes de um esforço orgânico de compreensão e transformação do mundo, por meio do desenvolvimento e do exercício das nossas faculdades intelectuais. E nesse sentido mais amplo que definimos ser humano como um ser da *práxis*, também um *ser pedagógico*, capaz de educar e educar-se a partir de um esforço subjetivo, mobilizando suas habilidades cognitivas em regime de "co-intencionalidade"com os demais seres humanos que constituem os seus grupos de convivência (cf. Freire, 2005, p.64).

Tal é também um processo de emancipação, entendido como a progressiva libertação dos seres humanos das amarras que obstam o desenvolvimento do seu potencial intelectual, ético e estético, que por sua vez conduz à produção de conhecimentos e de dispositivos tecnológicos, que alimentam essa mesma emancipação (cf. Pinto, 2004, p.432). Estabelece-se, assim, um círculo virtuoso no qual a cibernética se destaca, como instrumento que permite ao ser humano criar máquinas capazes de executar funções "até agora privativas da fisiologia cerebral" (p.433), e portanto, "mais potentes e capazes de libertá-lo do imemorial penar físico e mental" (p.432). Esse processo, por certo gradativo, não se realiza por si mesmo, e sim a a

---

[93]Nesse sentido, poderíamos talvez falar de uma *práxis* "compulsória", independente da vontade do sujeito, mas que ainda não é propriamente *práxis*, por não enxergarmos nela os indispensáveis elementos de vontade e de ação consciente.

partir do trabalho de pessoas competentes, mobilizadas em projetos coletivos para a construção das máquinas e sistemas cibernéticos, em suas mais variadas *encarnações*.

4.2 Competências, cultura, coletividade

Em um mundo de automação, portanto, a *práxis* é manifestação historicamente amadurecida da capacidade de abstração humana, mediada pelas máquinas cibernéticas, que se caracterizam, sob uma ótica humanista, como meios de "avanço e melhoria na comunicação entre indivíduos que se humanizaram e por isso são capazes de recorrer a formas de transmissão de informações independentes da presença física simultânea dos comunicantes" (Pinto, 2004, v.1, p.97).

Portanto, o desenvolvimento da cibernética não anuncia o caminho inexorável rumo um reino de máquinas autônomas ou quase autônomas, operadas por pessoas desqualificadas que a elas se submetem passivamente. Ao contrário, permite antever novas formas de organização do trabalho, protagonizadas por pessoas competentes o bastante para se relacionarem entre si em cooperação com sistemas cada vez mais complexos, seguindo a lógica de um "distanciamento [cada vez] maior em relação ao trato bruto com os corpos e as forças naturais, interpondo entre ele e o mundo objetos fabricados, para lhe ampliarem a capacidade de percepção e intervenção" (Pinto, 2004, v.1, p.104)[94].

No mundo automatizado, portanto, um dos elementos da *práxis* é o conjunto das competências requeridas para projetar, construir, operar e manter os autômatos em funcionamento; competências essas que se desenvolvem coletivamente, sempre no seio de um determinado é*thos*. A formação de um técnico ou cientista competente é um processo que só se integraliza em um contexto cultural, que envolve dois aspectos críticos: (1) uma coletividade, ou *comunidade*, que compartilha o interesse por um determinado assunto, e (2)

---

[94]Tal como a interpreto, essa afirmação de Vieira Pinto não exprime a negação das atividades humanas mais diretamente ligadas aos elementos da natureza, tais como as formas artesanais de produção, nem o desprezo pelos espaços ecológicos. Ocorre que os autômatos, ao aumentarem a eficiência da produção em larga escala, necessária ao bem-estar humano, podem contribuir com o uso mais racional dos recursos naturais, assim como proporcionar a uma parcela significativa da população o tempo ocioso necessário para o seu crescimento intelectual e estético. É importante, a esse respeito, ter em mente que não se pode acusar a máquina pelo seu uso desvirtuado, nas sociedades baseadas no consumismo e no fetiche da tecnologia.

idéias e *visões* relativas a esse assunto, que se apresentam sob a forma de hipóteses, planos de trabalho, métodos e dispositivos, concorrendo para a consecução de certos fins[95].

O jogo de xadrez é um dos exemplos mais significativos de que o desenvolvimento das competências é um processo coletivo, mesmo quando elas se materializam nas realizações de pessoas extraordinariamente talentosas em um determinado campo de ação: a partir da década de 1940, quando o xadrez começou a se desenvolver predominantemente como ciência, todos os grandes jogadores têm se originado de grandes escolas, onde tiveram o acompanhamento próximo de tutores altamente competentes[96].

A propósito, desde 1948, após a morte do grande Alekhine[97], todos os campeões do mundo foram *gestados* nas academias do Leste Europeu, onde as condições políticas e culturais tornaram o xadrez um esporte de massas, apoiado pelo Estado, e estudado cientificamente, com vistas ao sucesso competitivo. A única exceção, no período 1972-1974 é o norte-americano Bobby Fischer[98], que durante vinte anos foi praticamente o único enxadrista ocidental capaz de fazer frente aos adversários da chamada Cortina de Ferro, em particular aos soviéticos. Essa é uma evidência de que o a imersão em um ambiente de cultura enxadrística bem desenvolvida é fundamental para a formação de um jogador de classe mundial.

---

[95] A noção de interação social, como condição necessária para o aprendizado em ciência e tecnologia, é amplamente desenvolvida por Collins (1992b) e Collins e Kusch (1998). Roszak (1988) enfatiza a ascedência das idéias sobre os dados e informações, na constituição de uma cultura. Embora originalmente formulada tendo em mente um contexto social amplo, a tese de Roszak se aplica à reflexão sobre as comunidades científica e tecnológica.

[96] Quando falamos em “escolas” de xadrez, não nos referimos às academias para o ensino do jogo, mas a uma tradição cultural, onde as academias estão inseridas. Assim, podemos falar na “escola soviética de xadrez”, na “escola britânica”, e assim por diante. A importância da tradição é tão grande, que até hoje quase toda a elite do xadrez mundial é proveniente da Rússia e dos demais países do Leste Europeu, onde o xadrez é parte integrante da cultura, e onde o seu estudo científico mais se desenvolveu. Dos vinte jogadores mais bem situados no ranking da FIDE (2006), nove são russos, dois ucranianos, dois húngaros, um armênio, um búlgaro, um indiano, dois israelenses, um espanhol e um inglês, sendo que o espanhol e os israelenses são, na verdade, imigrantes de origem soviética. Ou seja, os jogadores ligados às escolas do Leste Europeu ainda dominam a cena no xadrez mundial, dezessete anos após a queda do muro de Berlin.

[97]Alexander Alekhine (1892-1946), campeão mundial de xadrez nos períodos 1927-1935 e 1937-1946, considerados um dos mais criativos jogadores de todos os tempos.

[98] Robert James Fischer (1943-) é considerado um dos maiores gênios criativos da história do xadrez. De 1948 até os dias de hoje, foi o único jogador não oriundo do leste europeu a se sagrar campeão mundial, título que manteve entre 1972 e 1975.

Enxadristas como Fischer e o Brasileiro Henrique Mecking[99] (Mequinho) não chamaram a atenção do mundo apenas por sua precocidade, mas porque se formaram fora das grandes escolas. Ambos, desde os quinze anos, até o auge de suas carreiras, não tiveram adversários à altura, em seus países de origem. São exceções, apenas até certo ponto, porque, uma vez identificados os seus talentos fora do comum, tiveram o apoio institucional necessário para disputar torneios de alto nível pelo mundo afora, e trabalhar junto a outros enxadristas de elite, para desenvolver a sua cultura e sua técnica enxadrísticas.

Se a excelência, ou seja, a competência e alto nível no jogo de xadrez só se desenvolve dentro de um contexto sócio-cultural, em um quadro de engajamento coletivo, o mesmo vale, com mais razão, para sedimentação de competências artesanais, em atividades como realizar cirurgias, dirigir automóveis, fazer trabalhos de carpintaria e pilotar aviões, que só podem ser aprendidas sob a tutela de artífices experientes. Interessante, aqui, é reconhecer que mesmo o desenvolvimento de competências fundamentais na ciência e na tecnologia depende fortemente da interação cultural. Ao contrário do que às vezes se pensa, a transmissão do conhecimento por meio de fórmulas, algoritmos, heurísticas, esquemas e outras formas de codificação é apenas uma parcela daquilo que constitui a formação de um técnico ou de um cientista. Aliás, a distinção mesma entre ciência e tecnologia é constantemente desafiada, no processo educativo, porque a tecnologia cada vez mais se insere nos aparatos empíricos, e também no desenvolvimento das teorias e modelos, onde os computadores assumem atualmente um papel de destaque. Por outro lado, a tecnologia depende cada vez mais das descobertas científicas, de modo que a formação técnica sem o conveniente respaldo teórico é insuficiente.

Sob o olhar da sociologia das ciências, portanto, podemos atualmente falar em cientistas-técnicos e técnicos-cientistas, e ainda, em ambientes onde a criação tecnológica e a produção científica se concretizam a partir da reunião de cientistas e técnicos trabalhando por objetivos comuns[100]. Portanto, a imagem estereotipada do cientista solitário, despenteado e

---

[99] O brasileiro Henrique da Costa Mecking (1952-) foi criança-prodígio, e chegou às quartas de final na disputa pelo título mundial de xadrez duas vezes, em 1974 e 1977, e em ambas as oportunidades perdeu a disputa por margem estreita, diante de expoentes russos. Durante um breve período, no início dos anos 70, então com aproximadamente vinte anos, Mequinho, como é conhecido, permaneceu entre os cinco enxadristas mais bem situados no ranking mundial.

[100]Para uma visão de como os estudos em sociologia das ciências influenciam a visão recente sobre o desenvolvimento de competências nas áreas acadêmicas e tecnológicas, ver, por exemplo, Collins (1992a; 1992b) e MacKenzie (1996). Neste último livro, atentar para o capítulo 10, “Tacit Knowledge and the Uninvention

com a língua de fora, desbota-se cada vez mais, dando lugar a um profissional que precisar dominar técnicas computacionais e/ou um aparelhamento experimental altamente complexo, operados por grupos numerosos de pessoas trabalhando em conjunto, sob a mediação de autômatos. Da mesma forma, o inventor do tipo "Professor Pardal", inventando dispositivos mirabolantes, em meio a eventuais explosões e curto-circuitos é hoje meramente uma imagem divertida, porém sem respaldo na realidade dos centros de desenvolvimento onde as inovações tecnológicas são de fato produzidas.

O folclore da invenção do microcomputador em uma garagem, por Steve Jobs e Steve Woszniak, em meados da década de 1970[101], é uma perspectiva muito parcial sobre o progresso da computação. Na verdade, a idéia de computador pessoal surgiu anos antes, nos laboratórios da Xerox, em Palo Alto, Califórnia, mas foi rejeitada por executivos a quem, anacronicamente, podemos acusar de conservadores e desprovidos de visão empresarial. Além disso, os microprocessadores que viabilizaram a construção dos primeiros microcomputadores foram criados a partir de pesquisas de longa duração, das quais participaram centenas de cientistas e técnicos, nos laboratórios de grandes empresas (Motorola, Fairchild, e Intel, entre outras), visando atender as necessidades do mundo da automação, aí incluída a modernização dos armamentos. Nesse sentido, o microcomputador é a súmula das competências coletivas de inúmeros grupos de trabalho, que encontrou terreno fértil para se transformar em ícone cultural e de consumo, em função do barateamento dos componentes produzidos em altíssima escala. Ainda aqui, falha por completo a imagem dos empreendedores idealistas revolucionando o mundo apenas por força do seu entusiasmo e criatividade.

As competências, de um modo geral (não só nos campos especializados), desenvolvem-se, desde de muito cedo, sob forte condicionamento cultural. Nas palavras de Berry (2004, p.12), "uma vez que não há comportamento culturalmente descontextualizado[102], não pode haver competência culturalmente descontextualizada". Tal afirmativa encontra

of Nuclear Weapons", no qual se levanta a possibilidade de que a cultura de projeto de armamentos nucleares se perca, devido às restrições na interação das antigas e novas gerações dedicadas ao assunto, inclusive por força da proibição dos testes de campo. A idéias por trás dessa tese é a de que a competência não pode ser preservada simplesmente por meio do conhecimento codificado sob a forma escrita, ou sob qualquer outro suporte midiático.

[101]Steve Jobs (1955-) e Steve Wozniak (1950-) fundaram, em 1976, a Apple Computer, marcando o início de um período de progresso acelerado na indústria de microcomputadores.

[102]"culture-free", no original.

respaldo em estudos empíricos que mostram o impacto dos fatores culturais sobre habilidades cognitivas de base, e até mesmo sobre as bases neuronais sobre as quais se manifestam. A esse respeito, Tsunoda (1998, p.117), afirma que "os exemplos de domínio de hemisfério [cerebral] não são genericamente determinados, mas são formados pelo ambiente lingüístico de idade entre 6-9 anos", e que "o ambiente lingüístico cessa sua influência após os 9 anos de idade [sobre o estabelecimento da lateralidade cerebral]". Afirmativas que vão ao encontro da nossa percepção de senso-comum, sobre como as crianças pequenas aprendem mais rápido e se adaptam mais facilmente a diferentes realidades culturais, do que as crianças mais velhas, os jovens e os adultos. Tal capacidade, supõe-se, é viabilizada por uma maior plasticidade do sistema nervoso nesse período da vida.

Muito além da infância, contudo, a capacidade humana para o desenvolvimento de novas competências mantém-se em excelente estado[103], na verdade ampliando-se na medida em que competências anteriormente adquiridas apóiam o desenvolvimento de outras novas. Nesse processo, não há predominância do meio ou do indivíduo, isoladamente, mas "uma relação entre o indivíduo e os ambientes sociais e culturais nos quais cada um está inerentemente envolvido na definição de outros" (Rogoff, 1998, p.124). Ou seja, embora possamos focalizar, como procedimento metodológico, ora o indivíduo, ora o meio, em última análise é no encontro entre ambos que encontraremos a chave para o desenvolvimento das competências.

> Por analogia, os órgãos em um organismo trabalham juntos com uma interdependência inerente, mas se estamos interessados em colocar em primeiro plano o funcionamento do coração ou da pele, podemos descrever suas estruturas e funcionamentos, lembrando que por si sós os órgão não teriam essas estruturas ou funcionamentos. Similarmente, podemos considerar uma única pessoa pensando ou o funcionamento de toda uma comunidade em primeiro plano sem afirmarmos que na verdade sejam elementos separados (Rogoff, 1998, p.124).

Se a interações culturais são um aspecto essencial do desenvolvimento das competências em âmbitos especializados, essas interações, por sua vez, só são possíveis graças a um amplo conjunto de estados pré-intencionais, de acordo com a idéia do Background, discutido na seção anterior, cuja aquisição se concretiza por meio da participação ativa no cotidiano de determinada cultura. Por exemplo, os grupos de pesquisa em física de alta energia tendem a adotar práticas semelhantes em diferentes partes do mundo,

[103] Isto é, dadas as condições mínimas de saúde e bem-estar social. Há, por exemplo, diversas ocupações insalubres das quais decorrem doenças ocupacionais incapacitantes, no âmbito cognitivo.

ou seja, desenvolvem um *éthos* comum, compartilhado por cientistas dotados de competências especializadas semelhantes, independente da sua história cultural[104], fora do âmbito da pesquisa. Porém, esses mesmos cientistas têm Backgrounds em muitos aspectos distintos, em função dos ambientes culturais diferenciados a que pertencem. Collins (1992, p.19-21) desenvolve um exemplo que nos permite esclarecer esse ponto:

> Imaginemos um espião, nativo de Londres, dever fingir ter nascido, digamos, em Semipalatinsk. O agente aprendeu a história e a geografia de Semipalatinsk em livros, atlas, guias turísticos e também graças a fotografias e longas conversas com um traidor, nascido na cidade. Passou por diversas sessões de interrogatórios fictícios conduzidos pelo traidor, até que suas respostas verbais a todas as questões fossem perfeitas. [uma vez infiltrado na União Soviética] ele é capturado pela KGB e interrogado; o valor de todas as horas de treinamento se revela [...]. O momento crítico chega para o nosso herói com a chegada de um interrogador originário da cidade [de Semipalatinsk]. A partir de então, nada mais pode salvar o nosso herói [...]. Por maior que tenha sido a excelência de seu treinamento, o espião, nós sabemos, são sobreviverá às perguntas de controle de um habitante originário de Semipalatink.

Ou seja, por melhor que tivesse sido o seu treinamento, o espião ocidental jamais poderia saber sobre a cidade em questão o mesmo que um habitante cujo conhecimento veio da experiência de vida no local. Embora ele compartilhasse com os seus captores soviéticos as competências de espião, ele não poderia compartilhar o Background específico de um nativo da cidade em questão. Embora o espião certamente compartilhasse com seus interrogadores tecnologias, procedimentos e métodos de espionagem, ele não compartilhava suas competências tácitas, no plano cultural, que não poderiam ter sido aprendidas por meio de instrução, apenas, mas teriam que ter sido assimiladas através da experiência. Conseqüentemente, ele poderia se embaraçar diante de uma infinidade de questões triviais, tais como "qual seria a sua conduta à mesa, ao jantar na casa da sua namorada, pela primeira vez, em Semipalatinski?", ou ainda, "como você se comportaria diante da viúva e dos filhos do seu melhor amigo, morto em combate, durante os funerais dele?".

Vale à pena ressaltar que o Background de uma pessoa é bastante independente de suas competências especializadas. Enquanto o primeiro de sedimenta espontaneamente em decorrência do convívio social, as últimas se desenvolvem com a freqüência a ambientes controlados, onde se estabelece uma certa base cognitiva uma certa disciplina intelectual próprias, sob orientação sistemática de especialistas mais experientes. Hoje em dia, tais

[104]Para um amplo estudo a respeitos do *éthos* científico na física de alta energia, assim como na biologia molecular, ver Knorr-Cetina (1999).

elementos são proporcionados primeiramente pela escola, que em termos curriculares apresenta mais semelhanças do que diferenças, nos ambientes urbanos em redor do Mundo, a despeito das significativas diferenças sócio-culturais entre eles. É sobre um conhecimento escolar homogêneo, forjado nos moldes da visão de mundo eurocêntrica, constituída a partir da revolução científica e industrial, que se ergue o edifício contemporâneo das ciências e da tecnologia, a serviço do poder estatal e privado. É por isso que os cientistas muçulmanos do Paquistão, os ateus da Rússia, os hindus da Índia e os protestantes da Grã-Bretanha são igualmente capazes de conceber armas nucleares ou proceder manipulações genéticas segundo os métodos mais avançados, malgrado seus diferentes Backgrounds. Em última análise, as divergências históricas entre os povos, no plano cultural, caminham lado a lado com a convergência pragmática das competências especializadas, na ciência no mundo da produção. Assim, na mesma medida em que culturas diferentes impõem o desenvolvimento de diferentes Backgrounds, o consenso em torno da ciência e da tecnologia obriga ao estabelecimento de espaços formativos e laborais semelhantes, para cientistas, engenheiros e técnicos, nos mais diversos países. A ressalva necessária, aqui, é a de que o Background pode interferir em aspectos relevantes da organização do trabalho, como as hierarquias e formas de comunicação. Para pilotar um avião a jato, por exemplo, são necessárias certas competências invariáveis, independentes, portanto do Background dos pilotos. Este, contudo, podem influenciar a mobilização das competências especializadas, particularmente em situações de crise.

A partir da análise de diversos estudos empíricos, Kytayama e (2004) assinalam diferenças importantes entre as competências tácitas de estadunidenses e japoneses. De modo geral, fica estabelecido que estes exercem os seus juízos cognitivos com base em "um modo de ser interdependente", enquanto os estadunidenses o fazem com base em um "modo de ser independente" (p.68)[105]. Um dos aspectos dessa diferença na apreciação de mundo é o grau de sensibilidade dos indivíduos aos aspectos contextuais, quando submetidos a determinados testes cognitivos. No caso, constata-se que os japoneses são mais sensíveis ao contexto em que se realizam as operações requeridas pelo teste, e que os estadunidenses, ao contrário têm mais facilidade em abstrair o contexto para se concentrarem exclusivamente na parte essencial da tarefa (p.72). Outra diferença que aparece nos estudos mencionados diz respeito à competência tácita *ouvir*: ao que tudo indica, os japoneses são mais sensíveis do que os

[105]Respectivamente, "interdependent mode of being" e "independent mode of being", no original.

estadunidenses ao tom de voz[106] em que determinadas expressões são pronunciadas, enquanto estes se concentram mais no conteúdo verbal[107] do que é dito.

Não se trata, aqui, de alimentar estereótipos do tipo "modo ocidental" x "modo oriental" de pensar, de resto demasiadamente ingênuos. Contudo, a observação de como as competências tácitas se desenvolvem por linhas diferentes, em diferentes culturas, é importante, pois contribui para enriquecer o debate em torno das formas possíveis de cooperação humano-máquina, que em última análise, é a cooperação humano-humano mediada pela máquina. Podemos considerar, por exemplo, até que ponto tais diferenças contribuem para o desenvolvimento da robótica, em que o Japão está sempre à frente, particularmente no que concerne aos robôs que tentam imitar os seres humanos, enquanto os Estados Unidos se concentram mais na função do que na forma dos autômatos[108].

Outro aspecto da influência da cultura sobre o desenvolvimento das competências é o impacto dos "artefatos culturais"[109], que

> funcionam em cada momento, lugar e aspecto da vida humana. Eles definem percursos de desenvolvimento[110], proporcionam oportunidades e obstáculos para o crescimento cognitivo e têm um impacto direto e imediato sobre a competência cognitiva das crianças [...] (Wang, Williams e Kopko, 2004, p.231).

E, podemos acrescentar, não só sobre as competências das crianças, pois os adultos também são chamados o tempo todo a ajustar suas competências para serem capazes de operar aparelhos cada vez mais automatizados, seja na vida profissional, seja nas atividades cotidianas. Ocorre que os artefatos culturais, e em especial os computadores – em suas diversas encarnações – são criados, ou para atender às classes dominantes, ou para criar novas necessidades, que se transformarão em oportunidades de mercado. Por isso, a tão propalada "inclusão digital" dos discursos políticos é uma falácia, na medida em que pretende equacionar a falta de acesso aos meios eletrônicos de informação sem estabelecer um

---

[106]"vocal tone", no original.

[107]"verbal meaning", no original.

[108]Certamente ambas as abordagens são amplamente desenvolvidas nos dois lados do Pacífico, mas não se pode deixar de assinalar essa distinção que, ainda que menos relevantes do que a mídia induz a pensar, deve ter algo a nos dizer sobre como as competências tácitas de uma cultura podem influenciar o seu desenvolvimento científico e tecnológico. Os pesquisadores japoneses na área de robótica tendem a atribuir uma importância especial na capacidade de interação dos seus robôs com os seres humanos.

[109]"Cultural artifacts", no original.

[110]"developmental pathways", no original.

ambiente propício ao desenvolvimento das competências de base necessárias para o seu uso produtivo[111], assim como as demais competências necessárias para a crítica e para a transformação dos artefatos vigentes[112].

Nesse sentido, o efeito dos artefatos culturais sobre o desenvolvimento das competências funciona como um processo de retroalimentação positiva, onde os indivíduos mais capacitados para lidar com os artefatos em evidência têm maiores chances de ascender aos postos hierárquicos a partir dos quais se concebem os artefatos da próxima geração, que com isso tendem a se constituir em aprimoramentos tecnológicos seus antecessores, sem contudo estabelecer novos paradigmas. Por isso, não chega a surpreender que o computador pessoal de hoje seja essencialmente o mesmo de há vinte anos, quando começaram a se popularizar os ambientes operacionais baseados em "janelas".

Se os "desafios físicos e sociais" presentes em determinado contexto "moldam perfis cognitivos específicos" (Wang et al., 2004, p.233) o desejo de sucesso em um mundo povoado por certos tipo de artefatos faz com que as pessoas queiram dominá-los operacionalmente, como forma de garantir a *empregabilidade*[113] para si mesmas e para seus filhos, na linha do que Berry (204, p.13) chama de "metas de desenvolvimento"[114]. Daí advém o apoio político ao esforço pedagogicamente ingênuo e socialmente dispendioso em introduzir o computador na vida escolar, cada vez mais cedo, que na melhor das hipóteses, pode precipitar o desenvolvimento de certas competências cognitivas (talvez irrelevantes no futuro) em prejuízo de outras, fundamentais[115].

A esse respeito, é importante considerar que a naturalização dos artefatos culturais e, de um modo mais geral, das criações tecnológicas, é uma tendência potencialmente desastrosa, o que pode ser facilmente exemplificado pela cultura do automóvel, que se

---

[111]Um ex-aluno meu, voluntário em um desses programas, disse-me que um dos aspectos da "inclusão" consistia em ensinar jovens de comunidades economicamente desfavorecidas a usar um editor de textos. Ao dar o texto-modelo para que um jovem simplesmente o copiasse no editor, ele obteve como resultado um texto completamente desfigurado pelos erros de ortografia e concordância, resultantes da base escolar deficiente do jovem.

[112]Para uma visão não-convencional da inclusão digital ver Amorim (2004).

[113]Outro daqueles termos de conotação degradante e autoritária, próprios da retórica globaritalista.

[114]"developmental goals, no original.

[115]A última seção do presente capítulo discute o efeito potencial da automação sobre a erosão das competências. Para uma discussão crítica mais específica, sobre os abusos dos computadores na escola, ver Armstrong e Casement (2001); Stoll (2000) e Setzer (2001).

desenvolveu nos países ocidentais a partir da década de 1920, e que hoje se materializa como calamidade psicológica, ambiental e sanitária, sob o beneplácito das classes dominantes e a indiferença da população. Enquanto se fala tanto em educação para o trânsito, inclusive nas escolas, nada se diz sobre a educação para pensar um novo trânsito, radicalmente diferente do atual. Logo, ao analisar a tecnologia em sua relação com as competências, devemos fazê-lo a partir de um olhar crítico, não de rejeição à tecnologia, o que seria impróprio, mas de vigilância em relação aos seus usos e modalidades. Só assim é possível conceber uma idéia fecunda de um ser competente livre dos limites ideológicos colocados pelas tecnologias tais como se apresentam hoje, e portanto, vocacionado para transformá-las.

4.3 Tékhne, epistéme e phrónesis

Minha caracterização do ser competente não se pretende exaustiva ou definitiva, mas se supõe conforme a polissemia do termo, mencionada no início da presente seção. Não se trata, é importante deixar claro, da descrição de um ser humano ideal, um super-homem ou super-mulher, detentor de todos os saberes tecnológicos e epistemológicos. O que pretendo é delinear um quadro conceitual inspirador, embora provisório e evidentemente imperfeito, para que possamos pensar objetivos educacionais de longo prazo, visando a formação de pessoas capazes de viver produtivamente em um mundo de automação, o que, acredito, não estamos fazendo atualmente. Cabe acrescentar que não imagino que todas as pessoas serão igualmente vocacionadas para trabalhar na concepção e criação de autômatos, mas pretendo que todos sejamos capazes, no futuro, de vê-los como criações históricas cujos usos e características devem ser objeto de permanente vigilância, porque, a um só tempo, refletem e condicionam a natureza das relações sociais, mais opressivas ou mais emancipadoras, conforme o contexto

No mundo do xadrez, com seus parâmetros de sucesso bem estabelecidos, encontraremos um campo adequado para a iniciar apreciação do que chamaremos ser competente. Atualmente, por exemplo, podemos dizer que o russo Victor Kramnik é um enxadrista competente[116], tecnicamente virtuoso, eficaz nas competições, dotado de extraordinária intuição e de uma profundidade analítica incomum. Porém, na medida em que o xadrez evolui, os critérios de competência se deslocam, em função do aparecimento de

[116]De fato, um dos maiores enxadristas de todos os tempos; o único que tem um escore positivo no conjunto das partidas jogadas contra Garry Kasparov – antes que este se retirasse das competições oficiais, aos 42 anos de idade – , e foi o único a derrotá-lo em um match pela disputa do campeonato mundial.

novos métodos e técnicas, que os grandes jogadores devem forçosamente dominar. Se não dominam, são superados pelos mais jovens, nas competições. Logo, o nível de competência que atribuiremos ao mesmo Kramnik, daqui a alguns anos, dependerá, até certo ponto, de sua vontade e de sua capacidade de se manter em dia com os progressos do jogo-arte.

Sob uma outra perspectiva, porém, nunca poderemos considerá-lo incompetente. Primeiramente porque, em sentido histórico, a competência adquirida nunca é perdida: ela permanece vinculada ao ser, como conquista inalienável. O grande enxadrista de qualquer época será sempre lembrado por suas contribuições ao desenvolvimento do jogo (tal como acontece com grandes cientistas, grandes engenheiros, etc.). Além disso, mesmo a nível estritamente pessoal, os grandes jogadores conservam sua intuição e sua compreensão das sutilezas do xadrez até uma idade bastante avançada. Para alguns, como Victor Korchnoi[117], isso se traduz em sucessos competitivos importantes, mesmo durante a oitava década de vida. Por fim, mesmo quando a energia física já não é suficiente para dar conta dos torneios, os Grandes-Mestres mais experientes seguem sendo grandes professores, o que significa que a sua competência se manifesta por outras vias, distintas do sucesso competitivo puro e simples.

No xadrez, a automação forçou uma revisão do lugar das competências humanas, ou mais precisamente, a distinção entre a competência humana e a eficácia das máquinas[118]. Com o desenvolvimento acelerado do hardware e do software, a força competitiva dos computadores já rivaliza com a os melhores jogadores profissionais em partidas de longa duração. Nas partidas rápidas, os seres humanos praticamente não têm chances contra as máquinas, que não dão margem às imprecisões humanas típicas dessa modalidade de jogo.

Hoje as máquinas são cooperadoras habituais e indispensáveis, não só para o armazenamento e recuperação das partidas que se deseja estudar, mas também como apoio à análise de posições que contém um número muito elevado de variantes críticas. Além disso, o baixo custo dos computadores, aliado à sofisticação dos programas amplamente disponíveis, coloca adversários cibernéticos fortíssimos à disposição de quase todos os interessados, o que certamente tem contribuído para aumentar a velocidade com que os jovens aperfeiçoam a sua técnica.

---

[117]Russo naturalizado suíço, hoje com 75 anos e participando ativamente de torneios internacionais. Foi finalista na disputa do título mundial em 1974, 1978 e 1981, tendo sido derrotado pelo também russo Anatoly Karpov (1951-) nas três oportunidades.

[118]Para um estudo detalhado desse ponto, ver Amorim (2002), especialmente a seção 4.5.

Atualmente, tanto os bons enxadristas quanto os estudiosos do xadrez computacional estão convencidos de que a maximização da força competitiva se dá por meio da associação entre jogadores humanos e computadores, atuando em conjunto, em um arranjo que alguns têm chamado de "centauro", numa alusão ao ser mitológico que tem a cabeça humana montada sobre um corpo não-humano. Nessa modalidade, o jogador humano se preocupa com a concepção estratégica e com o julgamento posicional mais profundo, delegando, por assim dizer, à máquina a aferição das variantes[119], por meio do cálculo de altíssima velocidade. De forma aproximada, o ser humano concebe, planeja e monitora, enquanto a máquina executa. A competência, no caso, está com o ser humano, o único capaz de idealizar e projetar por meio de uma abstração intencional[120]. Com isso, os melhores "centauros" jogam melhor do que os melhores humanos sem assistência cibernética, e também do que os melhores autômatos sem assistência humana.

A partir dessa significativa pista que o xadrez nos oferece, podemos passar à consideração do ser competente nos domínios mais amplos do mundo real, que, diferentemente do xadrez, não se resolvem em uma lógica interna que se desvela ao cálculo exaustivo. O xadrez, por se esgotar no plano da abstração, não permite a análise de todos os desafios que a cooperação humano-máquina determina. Para nos depararmos com eles, devemos nos dirigir ao campo das profissões, que embora se organizem em ambientes estruturados, jamais se exercem sob o imperativo de regras absolutas, e são fortemente condicionadas pelas variáveis políticas e institucionais.

Tenho convivido durante décadas com engenheiros, técnicos, analistas de sistemas e gestores, considerados muito competentes em suas áreas de atuação. Em sua maioria, são pessoas que têm dificuldade em refletir sobre o contexto sócio-econômico em que se desenvolvem as suas práticas profissionais, porque não dispõem do repertório conceitual necessário para fazê-lo. São alienados, mas não no sentido corriqueiro, pejorativo, que subentende despreocupação com o bem-estar alheio. Simplesmente, escapam-lhes as questões de fundo histórico, ético, epistemológico e político que permeiam as suas atividades. Outros,

---

[119]Variantes, no xadrez, são os caminhos que se pode percorrer a partir de uma determinada posição. Na medida em que se deseja aprofundar a visão do jogo, isto é, prever com maior antecipação as situações futuras, o número de variantes cresce exponencialmente, e daí a dificuldade cognitiva em calculá-las com exatidão.

[120]E é por isso que os computadores de xadrez mais poderosos são incapazes de resolver satisfatoriamente certos problemas posicionais fáceis até mesmo para jogadores humanos fracos. A esse respeito, ver, por exemplo, Penrose (1994, p.45-47).

cientes dessas questões, e intelectualmente equipados para enfrentá-las, não o fazem. Alguns alegam que as discussões "teóricas" não têm lugar no mundo da produção, com suas demandas urgentes, caracterizando, assim, a costumeira distonia entre os *acadêmicos*, que tentam compreender as práticas sociais e as criticam, e os *práticos*, que produzem bens ou serviços[121].

Essas pessoas, sem dúvida competentes sob um certo ponto de vista, atuam profissionalmente em um nível de chamarei de *competência de resultados*: dominam o aparato técnico e simbólico que nos proporciona os elementos do bem-estar material[122], mas se abstêm do esforço de elucidar seu lugar no mundo do trabalho, especialmente no que diz respeito às relações entre conhecimento teórico, experiência e práticas do cotidiano[123]. São os homens e mulheres da *tékhne*[124] que, através das suas ações, **transformam o mundo material e o mundo simbólico com velocidade cada vez maior, mas sem o correspondente esforço de transformação da própria consciência, que permanece ingênua**[125].

Fenômeno análogo ocorre com aqueles cientistas que trabalham na construção de um conhecimento teórico cada vez mais elaborado, sem contudo atinarem para as condicionantes ou para as conseqüências sociais e econômicas do seu labor[126]. São os homens e mulheres da

---

[121]A propósito, grande parte dos profissionais que se acreditam "práticos" nada produzem de palpável, pois movimentam-se em um espaço simbólico de projetos, cifras, métodos, regulamentos e contratos, ancorados em teorias cujo sentido lhes escapa. Sem que se dêem conta, trabalham segundo hábitos e convenções – contingentes, em oposição às leis naturais, necessárias, que fundamentam o processo produtivo, na agricultura, na indústria e na construção civil, por exemplo.

[122]Obviamente, um bem-estar relativo a quem pode pagar por ele, na sociedade de consumo.

[123]O que seria uma condição de base para qualquer esforço emancipatório bem-sucedido, em um mundo onde as relações de produção são cada vez mais complexas e dinâmicas, por força do permanente avanço da tecnologia.

[124]Termo freqüentemente traduzido por "arte" mas em sentido amplo, denotando os conhecimentos e técnicas das artes e ofícios, em geral. Diz respeito à capacidade de construir, compor, agir sobre o meio material visando um produto. O médico, o artesão, o analista de sistemas, o alfaiate, o sapateiro, o motorista, o advogado, são todos profissionais da tékhne. No presente texto, aproximo *tékhne* do conceito de *savoir-faire*, sem prejuízo dos significados que não caibam nessa expressão moderna que por ventura ou conhecimento próprio das artes o ofícios.

[125]Isto é, consciência ingênua em sentido histórico-crítico. Essa observação não é necessariamente desabonadora do caráter ou das atitudes dessas pessoas nos seus respectivos papéis sociais, pois ocorre muito freqüentemente que uma uma pessoa honesta, inteligente, afetuosa e bem-intencionada seja portadora de uma consciência ingênua.

[126]O que não ocorre somente no âmbito das chamas "ciências exatas", tradicionalmente tidas como distantes dos problemas humanos. Paradoxalmente, nas ciências humanas também se observa o indesejável *alheamento* dos cientistas em relação frutos do seu trabalho. Se, por um lado, a ciência não tem como finalidade precípua a

epistéme[127] que **elucidam e interpretam o *funcionamento do mundo*, sem o correspondente esforço de transformação do real**. Comumente, colocam-se no pólo oposto dos *práticos*, distanciando-se, quando não desdenhando, os aspectos urgentes da transformação do mundo, para os quais, a bem da verdade, às vezes não são muito bem aparelhados no âmbito intelectual e psicomotor.

A síntese entre *epistéme* e *tékhne*, conhecimento teórico e *savoir-faire*, é essencial para a compreensão dos limites e possibilidades das máquinas que nos cercam, assim como para o desenvolvimento de outras, mais avançadas. Nessa linha de pensamento, ao esmiuçar os pressupostos, conquistas e fracassos da Inteligência Artificial, Collins (1992, p.10) afirma que "o saber e o fazer são inseparáveis". Entretanto, *epistéme* e *tékhne* ainda não são suficientes para compor um quadro de referência que permita definir as competências humanas em um mundo de automação, pois, tendo em vista a aceleração das transformações tecnológicas e econômicas em escala global, com suas conseqüências ambientais às vezes calamitosas, cresce a cada dia a demanda por um conhecimento aplicado em favor do bem-estar humano. É nesse contexto que uma terceira virtude intelectual aristotélica, a *phrónesis*, adquire importância especial.

A *phrónesis*, sabedoria prática ou sensatez, é a terceira das virtudes intelectuais considerada por Aristóteles, no livro VI da Ética a Nicômaco. É significativo que, diferentemente dos termos *epistéme* – que deu origem à palavra epistemologia e suas correlatas – e *tékhne* – do qual se originam técnica e tecnologia, entre outras palavras –, o termo *phrónesis* não tenha dado origem nenhuma palavra nos idiomas modernos. É por isso que ele não nos soa familiar[128].

Para Aristóteles, a *phrónesis* tem um caráter próprio. Não é *epistéme* porque não diz respeito ao conhecimento das coisas demonstráveis, e também não é tékhne, porque esta se refere ao conhecimento empregado na produção material ou simbólica, mas "ação e produção são coisas de espécies diferentes" (p.142, Ed. Oxford). O termo se refere à capacidade de agir

---

intervenção sobre o mundo, por outro lado ela deveria sempre visar a transformação do mundo por meio do conhecimento.

[127]Estritamente, conhecimento teórico do que é logicamente necessário, das coisas demonstráveis. No sentido aqui adotado, *epistéme* denota o conhecimento teórico, abstrato, representável por meios de signos linguísticos. A ciência moderna se assenta sobre a *epistéme*, embora seus procedimentos experimentais e analíticos se apresentem como *tékhne*.

[128]É Flyvbjerg (2001) quem chama a atenção para esse ponto.

com vistas ao bem do ser humano, que se manifesta predominantemente em relação aos "particulares", ou seja, tendo em vista a harmonização das condições contingentes da existência humana, no rumo dos fins almejados. Portanto, "a pessoa dotada de sabedoria prática tem o conhecimento sobre como se comportar em cada situação particular, que jamais pode ser comparado ou reduzido ao conhecimento de verdades gerais[129]" (Flyvbjerg, 2001, p.57). Em outras palavras, a *tékhne* implica em técnicas de aplicação até certo ponto geral; heurísticas, métodos que se traduzem em um certo saber-fazer. A *phrónesis*, por outro lado, reflete uma certa maturação do caráter, um certo "tato" para lidar com o as circunstâncias sempre cambiantes da vida social. Ou seja, a *phrónesis* deveria orientar os conhecimentos técnicos e científicos para a sua atualização-em-contexto.

A *phrónesis* é portanto, totalmente dependente da experiência, e a esse respeito, Aristóteles chega mesmo a afirmar que as pessoas dotadas de experiência, porém desprovidas de conhecimento teórico, são freqüentemente mais eficazes nas suas ações do que outras, que possuem apenas o conhecimento teórico. Contudo, na sua plena manifestação, a *phrónesis* requer a interação entre o abstrato e o concreto, o geral e o particular, como, aliás, pode-se observar na arte de desenvolver projetos de interesse social, onde os conhecimentos científicos, conhecimentos tecnológicos e a sabedoria prática da governança precisam se combinar para a obtenção dos melhores resultados.

Por fim, é preciso distinguir a *phrónesis* da habilidade política vulgar, que combina artimanhas, barganhas, ameaças e seduções no encalço de fins tão contingentes quanto os meios. Ao contrário, a *phrónesis* pressupõe a reflexão, o debruçar-se sobre a compreensão de valores, tendências e necessidades humanas, a fim de que a ação, embora contingente, seja o tanto quanto possível orientada por princípios estáveis.

Feita essa ressalva, proponho que o ser competente, em um mundo de automação, será aquele em quem se realiza a síntese entre *epistéme* (conhecimento teórico), *tékhne* (*savoir-faire*) e *phrónesis* (sabedoria prática). Mais do que isso, aquele que integra e exprimirá essa síntese como *práxis*, ou seja, "a prática na qual o agente, o ato ou a ação e o resultado são inseparáveis" (Chauí, 2002, p.510). Por meio da *práxis* consciente[130], o ser competente será capaz de manter a indispensável vigilância sobre os autômatos, e ainda, sobre a sua própria

---

[129]"general truths", no original.

[130]Em oposição àquela *práxis* "compulsória", logicamente decorrente da condição humana.

relação com eles, habilitando-se a transformar realidade por meios tecnológicos, visando fins socialmente úteis e ecologicamente aceitáveis.

Sob essa perspectiva, a competência passa pela compreensão e apreensão dos fatores que condicionam a prática. Portanto, pode-se questionar a competência do profissional que desconhece tais fatores, ou conhecendo-os, não os atualiza na sua prática. Na mesma linha de raciocínio, parece razoável supor que: (1) a competência plena em um determinado domínio depende de um meta-conhecimento a respeito do domínio, e tende a crescer com ele; e (2) o profissional cresce em competência na medida em que se mantém em dia com esse meta-conhecimento, não tanto como receptor passivo, mas como agente co-criador. Ou seja, o profissional cresce na medida em que reflete sobre sua própria prática, e ainda mais, quando tem a chance de se relacionar com as pessoas que estudam o seu campo de trabalho sistematicamente, sob diferentes perspectivas. Essa, evidentemente, não é uma tese nova, pois há décadas os atletas do mundo todo têm sido acompanhados por equipes multidisciplinares, responsáveis por orientá-los sobre suas práticas. No xadrez, por exemplo, um dos principais papéis do treinador de alto nível é orientar os pupilos a respeito dos seus hábitos mentais, promovendo mudanças na perspectiva a partir da qual eles enxergam o próprio jogo. Esse tipo de orientação pode levar em conta os hábitos mentais caraterísticos dos enxadristas, em geral, ou, especificamente, os hábitos mentais mais marcantes do próprio pupilo[131]. Da mesma forma, o nadador olímpico recebe uma série de informações sobre a fisiologia, que afetarão seu desempenho nas raias, embora o fisiologista que o orienta talvez nem saiba nadar.

Analogamente, seria saudável se os profissionais qualificados, em geral, tivessem a oportunidade de dialogar permanentemente com sociólogos, antropólogos, pedagogos e filósofos, a fim de compreender melhor as condicionantes extra-técnicas das suas práticas. O amadurecimento intelectual proporcionado por esse diálogo, que se propõe inspirador, refletir-se-ia, suponho, em uma atividade cotidiana mais consciente e conseqüente, orientada pela *phrónesis*. Proponho, pois, que a geração e o compartilhamento de meta-conhecimento sejam rotineiros, tanto na ciência quanto no mundo da produção, como forma de ampliar os limites da competência humana, em um mundo de automação. Por essa via, as pessoas compreenderão a si mesmas e ao seu trabalho como integrantes de sistemas sócio-técnicos, e

---

[131]Às questões concernentes ao meta-conhecimento psicológico no treinamento de enxadristas são discutidas, por exemplo, por Dvoretsky e Yusupov (1996) e Krogius (1974).

às máquinas como artefatos historicamente constituídos, o que lhes ampliará a capacidade para a ação produtiva e responsável.

Um aspecto central da competência, ou mais propriamente do ser competente, é a sua capacidade de contribuir criativamente para a mudança das estruturas estabelecidas. Se, por um lado, a criatividade é constantemente associada a um certo espontaneísmo, fruto de um "talento natural" indecifrável, por outro lado a capacidade de pensar criativamente, no contexto de sistemas sócio-técnicos complexos, é indissociável do conhecimento e da reflexão crítica a respeito dos elementos que compõem tais sistemas. Portanto, a fim de que esse aspecto da competência se desenvolva, permitindo a constante renovação dos modos de produção, essencial para a prosperidade social, o meta-conhecimento sobre os sistemas sócio-técnicos precisa ser promovido.

Para o profissional que rompe com a mentalidade ingênua e se projeta na *práxis*, a tensão entre uma certa compreensão de mundo e as contingências cotidianas da profissão será freqüentemente inevitável, na razão direta da opressão a que se sinta submetido, e na medida em que os resultados esperados pelos patrocinadores do seu labor vá de encontro às necessidades prementes da vida social. No campo do trabalho, o ser intencional é constantemente colocado perante a necessidade de proceder tanto ao ajuste "mente-mundo", quanto ao ajuste "mundo-mente"[132], que, em essência são dois pólos da vocação para a *práxis*.

De resto, apenas em uma sociedade de formigas pode haver total harmonia entre a atividade e os fins, em todas as escalas observáveis, desde os indivíduos, até a população total do formigueiro. No âmbito humano, ao contrário, a necessidade de organizar o mundo do trabalho de forma eficiente, em torno de pessoas conscientes e de grupos culturais heterogêneos é um desafio constante, que se acentua com a complexidade inerente aos sistemas automatizados. Como a combinação entre *tékhne* e *epistéme* não é suficiente para responder a esse desafio, é no desenvolvimento da *phrónesis* que devemos procurar os meios de fazê-lo.

---

[132]Faço aqui uma transposição dos termos usados por Searle (1995a, cap. 2), embora em um contexto distinto.

5 A cooperação humano-máquina

O presente capítulo estuda a cooperação homem-máquina à luz das discussões precedentes a respeito da automação e da competência humana. São abordadas questões técnicas, fundamentais para o aprofundamento da matéria, questões epistemológicas, que surgem a partir das novas repartições do conhecimento, e questões sócio-econômicas, oriundas das formas inéditas de organização do trabalho viabilizadas pela automação.

Inicialmente, na seção 5.1, o problema é apresentado, com a definição do que queremos entender como cooperação entre seres humanos e máquinas, precedida por uma análise crítica da idéia de que a máquina substitui o trabalho humano. Depois, buscam-se pistas sobre o que as máquinas podem ou não podem fazer, com base em uma análise das diferenças entre estas e os seres humanos (seção 5.2), mas nenhuma prescrição sobre o que elas *devem* fazer é oferecida, o que não harmonizaria com os propósitos do texto. Os aspectos epistemológicos da cooperação humano-máquina são enfatizados na seção 5.3, com um olhar sobre a articulação de competências humanas distribuídas no tempo e no espaço, na pilotagem de aviões modernos, em contraste histórico com as competências concentradas sobre um ou mais homens em uma cabine de comando. A cooperação humano-máquina na indústria é estudada na seção 5.4, com a preocupação de fazer emergir as tensões entre os problemas de curto prazo do mundo do trabalho e o papel potencial da automação como instrumento de bem-estar social, insistindo-se na tese de que, a rigor, a automação são substitui trabalho humano.

5.1 Situando o problema

A análise da cooperação entre os seres humanos e as máquinas exige, de início, o entendimento de que as máquinas não substituem, em sentido estrito, o trabalho humano, mas permutam certas formas de trabalho por outras, em geral com maior rendimento. Ou seja,

> quando o homem põe as máquinas a funcionar, quem está efetivamente trabalhando é ele. Acontece apenas o desdobramento do seu trabalho em outras formas mais produtivas, cuja existência se deve ao trabalho inicial de pensar os engenhos e fabricá-los com os materiais adequados e o emprego das forças naturais que descobriu [...] numa fórmula concisa, as máquinas representam o trabalho do trabalho. (Pinto, 2004, v.2, p.98).

Existe, sim, o deslocamento geográfico e epistemológico do trabalho: a máquina cibernética, ao encarnar saberes historicamente construídos, coloca um coletivo de pessoas, separadas no tempo e no espaço, a serviço de determinado fim.

Nesse sentido, quem pilota um avião moderno é um grupo de engenheiros, matemáticos, físicos, etc., responsáveis diretos e indiretos pela implementação dos sistemas automáticos embarcados. Já não é apenas o conhecimento do piloto que, através das suas habilidades motoras, conduz o avião ao destino. A navegação, agora, decorre do conhecimento coletivo dos fatos geográficos e das leis termodinâmicas e aerodinâmicas, codificados nos computadores e usados para o acionamento automático das superfícies móveis do avião, bem como de suas turbinas. Ao piloto, cabe a tarefa de supervisionar os sistemas de vôo e, por meio das suas competências específicas, intervir para que operem adequadamente, sobretudo diante de situações imprevistas.

De modo análogo, em uma moderna planta industrial o conhecimento dos operadores locais é apenas uma parcela do conhecimento total subjacente à operação., pois ali existe uma grande quantidade de leis físicas e químicas codificadas nas memórias dos computadores, e traduzidas em ações automáticas, por meio de algoritmos e heurísticas.

Em ambos os casos, na indústria e na pilotagem de aviões, os sistemas automáticos nos remetem à "excorporação"[133] do conhecimento, depois "reincorporado" às máquinas computadorizadas. Por isso, a desqualificação profissional no local em que se dá a produção, quando ocorre, ocorre paralelamente à qualificação de outros profissionais, afastados no tempo e no espaço.

---

[133]Retornando, mais uma vez, ao termo usado por Debray (Scheps, 1996, p.219)

Vale lembrar que a automação da produção não introduz um conceito de produção realmente novo, mas reformula práticas antigas em novas bases. Especificamente, a função de regulação das ferramentas e equipamentos, que antes era totalmente exercida pelo ser humano, agora é parcialmente exercida em maior ou menor grau pela máquina. Dizemos parcialmente porque, por maior que seja o nível de automação de uma indústria,

> o homem continua a exercer [...] a função de regulador da máquina, inclusive para acioná-la e pará-la, quando cumpriu a quantidade de serviço ou de produtos que dela desejava obter e ainda quando intervém periodicamente para limpá-la, recondicioná-la ou consertá-la (Pinto, 2004, v.1, p.123).

Portanto, a imagem futurista da fábrica sem gente trabalhando só poderia se realizar sob uma forma superficial, que não resistiria a um olhar em profundidade. Ainda que os robôs cuidassem de todas as etapas da produção autonomamente, as pessoas por trás da sua concepção, construção e manutenção deveriam ser consideradas, com toda propriedade, como trabalhadoras da fábrica, ali presentes por meio das suas criaturas. "Significa isso dizer que em relação às máquinas o sistema nervoso do homem aparece por assim dizer como uma peça nelas embutida para regular-lhes o funcionamento" (Pinto, 2004, v.1, p.123).

Uma indústria, ainda que atenda prioritariamente aos interesses das classes dominantes, representa um rico universo de trocas sociais, seja por meio dos seus produtos, seja por meio das relações entre as pessoas diretamente envolvidas na produção, ou ainda, por meio de toda a rede de conhecimento e de serviços que se integram para a projetá-la, construí-la e mantê-la em funcionamento. Vale, portanto, para uma planta industrial, a idéia de que "toda máquina constitui uma mediação entre os homens e a natureza, com o fim de estabelecer sobre a relação entre tais extremos uma outra relação [...] entre um ser humano e os semelhantes" (Pinto, 2004, v.2, p.44).

Contudo, nem toda mediação feita por máquinas tem a mesma natureza. No presente texto, estamos particularmente interessados em um certo tipo de mediação que podemos chamar de cooperação entre humanos e máquinas. Conforme assinalado no Capítulo 1, a palavra cooperação assume, aqui, dois diferentes significados, que devem ficar claros de acordo com o contexto em que aparece. Entendo a cooperação entre o ser humano e uma máquina como co-operação, ou seja a operação conjunta e coordenada de ambos para a execução de uma tarefa. É nesse sentido que podemos falar em cooperação entre o piloto e os modernos sistemas de aviônica. Diferentemente, a cooperação entre duas ou mais pessoas é

entendida como seu engajamento ativo, intencional e coordenado no exercício de uma atividade, com propósito definido. Nesse sentido, falamos de cooperação entre piloto e co-piloto. Os complexos sistemas sócio-técnicos da atualidade normalmente funcionam com base em ambos os tipos de cooperação, freqüentemente envolvendo dezenas, ou até centenas de pessoas, e outros tantos dispositivos cibernéticos operando em conjunto.[134]

Quadro 2: Uso x Cooperação

Aspectos Operacionais	Uso	Cooperação
Percepção do ambiente	O usuário recebe diretamente os estímulos do meio, através da visão, da audição e do tato.[135]	O cooperador humano recebe os estímulos *filtrados* pela máquina, que os reapresenta sob a forma de imagens digitalizadas, gráficos, avisos sonoros, mostradores, lâmpadas de aviso, etc.
Decisões	O usuário toma todas as decisões sobre o processamento das tarefas.	A máquina estabelece por si mesma, em maior ou menor grau, alguns dos caminhos a serem seguidos, com base na sua lógica interna.
Ações	O usuário cuida de todos os detalhes operacionais do trabalho	Os detalhes operacionais são, em maior ou menor medida, tratados pela máquina, sem intervenção humana.
Conhecimento	Todo o *savoir-faire* materializado no produto do trabalho tem sua origem no usuário.	O *savoir-faire* materializado no produto do trabalho é dividido entre o ser humano e a máquina.[136]

[134]Na seção seguinte (5.2) argumento que a relação entre pessoas e máquinas é essencialmente assimétrica, de modo que a co-operação humano-máquina não pode, de modo algum, ser vista como uma cooperação entre entidades funcionalmente semelhantes (como seria próprio de uma visão cibernética extrema).

[135]Eventualmente, olfato. Exceto nas funções de degustação, não consigo pensar no paladar como um sentido fundamental para o trabalho.

[136]Ou seja, a máquina traduz, em sua lógica interna, o savoir-faire das pessoas que a conceberam.

Para estudar a cooperação entre humanos e máquinas nos complexos ambientes de produção contemporâneos, distinguirei a cooperação humano-máquina do simples uso de uma máquina na execução de uma tarefa, porque, digamos, usar um cortador de grama motorizado, ou mesmo dirigir um automóvel comum, não é o mesmo que pilotar um moderno avião de passageiros ou monitorar o funcionamento de uma grande planta industrial.

Em uma primeira aproximação, entendendo que a pessoa que simplesmente *usa* uma máquina mantém o controle direto e total das suas ações, caso não haja nenhum acidente ou falha do equipamento. Ou seja, a máquina apenas substitui os músculos humanos em algum esforço repetitivo ou penoso, ou ainda, poupa esforço mental, tal como faz uma calculadora simples. Por outro lado, quando uma pessoa coopera com uma máquina, esta reage ativamente a determinados estímulos do meio e, através de uma logica interna mais ou menos complexa, altera por si mesma seus modos de funcionamento. No Quadro 2, proponho critérios para diferenciação entre uso da máquina e cooperação com a máquina, em sistemas que agem diretamente sobre o mundo físico[137]

A princípio, poderíamos estabelecer graus de cooperação entre o ser humano e a máquina, de forma que a diferença entre uso e cooperação se estabelecesse em uma escala, que teria em um de seus extremos as ferramentas mais rudimentares e no outro, os dispositivos cibernéticos mais avançados. Acredito, contudo, que para os fins do presente texto, cabe estabelecer uma diferença, tanto quanto possível definida entre uma e outra situação. Portanto, daqui por diante considerarei como cooperação com a máquina as situações que atendam, em algum grau, a todos os requisitos listados na coluna direita da tabela acima, tal como ocorre na operação das modernas plantas industriais e na pilotagem dos aviões a jato.

Embora haja diferenças importantes entre as situações de uso das máquinas mais ou menos complexas, quero destacar, no que concerne à cooperação humano-máquina, as situações em que se não se aplica a tradicional hierarquia de controle, em que o operador simplesmente *comanda* e a máquina simplesmente *obedece*.

Por exemplo, ao dirigir um automóvel comum, nós recebemos diretamente os estímulos visuais e auditivos procedentes da rua, decidimos para que lado queremos ir (ou se devemos reduzir a velocidade, parar no sinal vermelho, etc.), acionamos os comandos do

---

[137]Em oposição aos sistemas simbólicos, nas ciências e na administração, para os quais devemos procurar critérios distintos.

veículo de acordo com as decisões tomadas e somos 100% responsáveis por acertar ou errar o caminho, assim como por controlar as reações do veículo. Certo, se temos um carro com transmissão automática, ele nos isola de um detalhe operacional importante do ato de dirigir, mas é só isso que muda[138]. Por certo, nenhum tribunal aceitaria de um motorista o argumento de que a culpa por um atropelamento foi do carro, que assumiu a própria direção e dirigiu-se rumo ao pedestre[139]. Do mesmo modo, não vale dizer à namorada, ou namorado, que você foi visto(a) com seu carro na porta da boate porque, apesar dos seus comandos em contrário, ele se dirigiu para lá sozinho. Por tudo isso, nós dizemos que usamos o carro, e não que cooperamos com ele.

Bem diversa, como veremos em detalhes na seção 5.3, é a situação do piloto co-piloto de um moderno avião de passageiros, que só estão no controle da máquina até certo ponto, mesmo porque é cognitivamente impossível que uma ou duas pessoas, em uma cabine de comando, dêem conta de todos os detalhes operacionais de um grande avião. Em um dia muito nublado, seus "olhos" são os instrumentos do painel; em circunstâncias normais, os computadores tomam uma série de "decisões" autonomamente, tais como a distribuição do combustível nos tanques, para aumentar a estabilidade do avião, sem falar no piloto automático, que de dia ou à noite, conduz a avião durante horas, sem intervenção humana. Ao contrário do que acontece no carro, os pilotos são quase totalmente isolados de detalhes operacionais cruciais, tais como o controle de potência das turbinas. Por fim, embora o *savoir-faire* dos pilotos seja fundamental, ele é constantemente repartido com *savoir-faire* embutido nos computadores de bordo e nos sistemas externos de navegação. Um exemplo extremo dessa repartição é o procedimento de aterrissagem com visibilidade zero, que já é possível nos grandes aeroportos dos países ricos. Portanto, ninguém consideraria absurda a alegação de um piloto de que o avião não obedeceu aos seus comandos, e fez uma manobra inesperada, no momento da aterrissagem[140]. Por tudo isso, não dizemos que o piloto e o co-

---

[138]Aliás, uma mudança benéfica, que pode nos dar mais conforto, e tranqüilidade para cuidarmos dos demais aspectos da direção.

[139]Claro, pode haver um pneu estourado, uma quebra da barra de direção, um freio defeituoso. Mas nada disso tem a ver com uma pretensa autonomia do veículo.

[140]No ano de 2001, a Airbus foi forçada a modificar um dos componentes de software do modelo A320 (avançado jato bi-reator para 150 passageiros), após um incidente sério de aterrissagem. A alteração teve como objetivo "*aumentar a autoridade dos pilotos* [sobre um certo aspecto da atitude do avião, chamado ângulo de ataque]" (Sparaco, 2001, p.38, grifo meu).

piloto usam um avião, mas podemos dizer que co-operam com o aparelho, a fim de conduzir os passageiros.

5.2 Uma relação assimétrica

Hoje, quatro anos depois de eu ter finalizado minha dissertação de mestrado (Amorim, 2002), ainda valem os comentários ali registrados sobre as promessas grandiosas e os sonhos mirabolantes dos defensores da inteligência artificial. Na medida em que o tempo passa e as promessas não se realizam, livros são reciclados, metas são revistas e os pesquisadores novamente entrevistados – sempre para anunciar sucessos, jamais para analisar fracassos –, em um ciclo que se repete há mais de quarenta anos. Dessa forma, mantém-se o público sempre na expectativa de que, por um lado, a próxima conquista da IA resolverá importantes problemas humanos, e por outro lado, estabelece-se a idéia de que apenas pessoas com qualidades excepcionais, segundo os critérios das classes dominantes, terão oportunidades de trabalho em um mundo completamente automatizado.

Creio que o mito de uma possível simetria nas relações entre seres humanos e máquinas é sem fundamento, e além disso, nocivo. Por isso, na presente seção argumento que devemos compreender a cooperação humano-máquina como co-operação, uma vez que entre ambos se estabelece uma relação assimétrica, que coloca lado a lado entidades completamente distintas, em ato e em potencial.

Ryle (1984, p.55) afirma que "o executor inteligente de uma tarefa opera de forma crítica, e o expectador inteligente, acompanha de forma crítica"[141]. Se substituirmos a palavra "inteligente" por "competente", na fala de Ryle, o que parece razoável, a capacidade crítica aparecerá com condição necessária para o reconhecimento da competência em determinado domínio. Reitera-se, por essa via de raciocínio, a importância capital do diálogo, do dialogismo, da interação humana no contexto cultural, como condições para o desenvolvimento das competências. Se, por um lado, é preciso dialogar criticamente para demonstrar-se competente, por outro lado, é apenas sob condições dialógicas adequadas que a competência pode ser desenvolvida e reconhecida.

Conforme discutimos no capítulo anterior, todo ser competente é um ser da *práxis*, seja porque a *práxis* é uma herança inerente à sua condição humana, seja porque ele a

---

[141] "The intelligent performer operates critically, the intelligent expectator follows critically."

compreende e a exercita deliberadamente. Por outro lado, a máquina não é uma criatura da *práxis*, pois “não possui exigências, portanto ignora a necessidade” (Vieira Pinto, 2004, p.527). O ser humano, como todo ser vivo, ao contrário, traz em sua constituição o impulso primário a permanecer vivo. Por isso, procura o meios de se opor à entropia, que é tendência dos sistemas físicos de evoluírem rumo a um estado de completo equilíbrio energético, no qual a vida não é possível. Porém, ao contrário do ser humano, a máquina não existe em antagonismo com a tendência natural à entropia. Nesse sentido, podemos dizer que ela é, em si mesma, acabada. Se for *além do que é*, reproduzindo-se, por meio de laços cibernéticos, em formas idênticas à atual, ou outras, melhoradas, será apenas porque seus criadores humanos a dotaram dessa capacidade, mas não porque tenha alguma necessidade autêntica de fazê-lo. O ser humano, ao contrário, precisa continuamente se projetar em novas realizações, primeiramente por simples necessidade vital, depois, em função do seu desejo inexorável de bem-estar, e mais ainda, pelo desafio da descoberta[142]. Inacabado como obra da natureza[143], está, portanto, *condenado* ao trabalho que o projeta rumo a novos horizontes.

Essa diferença fundamental entre humanos e máquinas se reflete na natureza essencialmente intencional dos primeiros, de que as últimas não compartilham. Nas palavras de Vieira Pinto, “nenhum [maquinismo] propõe finalidades a si próprio” (Pinto, 2004, v.2, p.532), o que torna a superioridade dos seres humanos ainda mais evidente. Segue-se que apenas o ser humano é um ser da *práxis*, ao tempo em que as máquinas são suas auxiliares nas *práticas* aí implicadas. Logo,

> a primazia do homem sobre a máquina será sempre confirmada, em qualquer tentativa de síntese, suposto entendida por primazia não a capacidade de fazer mais rápido, exata ou abundantemente. A superioridade do homem consiste em ter gerado a máquina, enquanto o inverso é inconcebível (Pinto, 2004, v.1, p.527).

Um outro motivo para acreditarmos nessa superioridade é a incompetência social das máquinas que, ao contrário das pessoas, são incapazes de escolher sensatamente entre os infinitos caminhos de ação que se abrem diante das mais simples atividades cotidianas[144].

---

[142]É assim, por exemplo, que enquanto o jogador humano usa o xadrez como uma forma de superar seus próprios limites, impondo-se desafios subjetivos, a máquina processa mecanicamente os símbolos através dos quais os programadores humanos codificam o jogo. O computador faz cálculos sem sentido específico, que nós interpretamos como análises de xadrez.

[143]Agradeço ao Prof. Roberto Sidnei por me chamar a atenção para o “inacabamento” próprio da condição humana. Creio não ter desvirtuado o seu pensamento, ao fazer a tranposição do termo para o presente contexto.

Nesse sentido, podemos dizer que às maquinas falta o Background, indispensável para uma prática social coerente.

A incompetência cultural das máquinas é analisada detalhadamente por Collins e Kusch (1999), que desenvolveram a teoria das ações, ou teoria da "morficidade das ações"(p.1)[145], a partir da sua investigação sobre o que pessoas e as máquinas, respectivamente, são capazes de fazer. Eles afirmam que

> Há ações mimeomórficas e ações polimórficas[146]. Ações mimeomórficas[147] são ações que nós tentamos, ou *ficamos satisfeitos* em realizar sempre da mesma maneira, em termos de comportamento, em diferentes ocasiões. Ações polimórficas são todas as outras (p.31, grifo no original).

Cabe esclarecer que "poli", aqui, não é o prefixo que significa de "vários", mas é uma corruptela de "polis" (do grego, "cidade"). Por isso, ações polimórficas não são simplesmente aquelas que são realizadas de diferentes maneiras, mas aquelas que são realizadas de diferentes maneiras porque obedecem a um imperativo de contextualização sócio-cultural. Em outras palavras,

> quando os humanos realizam ações polimórficas eles se baseiam na sua compreensão da sociedade; quando eles realizam ações mimeomórficas, eles agem propositalmente como máquinas – entidades que não precisam compreender a sociedade [...] Máquinas não podem realizar ações polimórficas porque elas não tem uma compreensão da sociedade sobre a qual se basear [...] (Collins e Kusch 1999, p.1).

Tomasello (1999, p.150) afirma que "por causa da natureza perspectiva dos símbolos lingüísticos, não existe procedimento algorítmico para determinar a intenção comunicativa específica de uma pessoa em uma situação específica". Portanto, nenhum dos mais sofisticados autômatos já criados tem essa capacidade, porque o funcionamento de todos eles baseia-se no processamento de algoritmos, por meio de circuitos eletrônicos. Nos seres humanos, ao contrário, a capacidade de desvendar as intenções comunicativas de outrem, de acordo com o contexto, é um traço fundamental. O desenvolvimento dessa capacidade, ao longo da vida, decorre, segundo Tomasello (1999), de uma adaptação evolutiva que consiste

> na capacidade e tendência dos indivíduos de se identificarem com co-específicos de uma maneira que lhes permite entender esses co-específicos

---

[144]Vale recapitular, aqui, a discussão conduzida na seção 4.3 sobre as infindáveis possibilidades de interpretações inadequadas para uma frase simples.

[145]"Action morphicity", no original.

[146]"polimorphic", no original.

[147]"mimeomorphic", no original.

> como agentes intencionais iguais a eles mesmos, com suas próprias intenções e atenção, e, por fim, entendê-los como agentes mentais iguais a eles mesmos, com seus próprios desejos e crenças (p.282).

Uma capacidade ausente dos autômatos, e que continuará ausente, pelo menos no horizonte de qualquer especulação sensata. A alternativa é acreditarmos nas promessas sempre postergadas de excelentes cientistas, tais como como Kurzweil (2000) e Moravec (1988), travestidos em maus gurus da evolução planetária, que promovem (creio, inconscientemente) nas suas falas ideológicas justamente a valorização das conquistas dos países tecnologicamente avançados, ou, lembrando Vieira Pinto, alardeiam "os feitos e valores das grandes nações metropolitanas" (Pinto, v.1, p.36).

Vem bem a propósito a lembrança da vitória do computador Deep Blue sobre o então campeão mundial de xadrez Garry Kasparov, em 1997, por muitos interpretada como a superação do homem pela máquina. Mas, considerando a questão, anos antes daquela disputa decisiva, a equipe que deu início ao projeto do Deep Blue[148] já esclarecia: "o resultado [de um futuro *match*] não vai revelar se a máquina pode pensar, mas se um esforço humano coletivo pode suplantar os maiores feitos dos seres humanos mais capazes[149] (Hsu et al., 1990, p.24)".

Isto é: a máquina, mesmo em suas formas mais avançadas, não é um ser autônomo, dotado de idéias próprias, mas instrumento de mediação entre seres humanos engajados em um objetivo comum.

5.3 Cooperação na pilotagem de aviões

Na presente seção, nossa análise se prenderá à chamada aviação civil "de linha", ou "de carreira", que opera rotas regulares em horários programados, utilizando, com raras exceções, aeronaves de médio a grande porte, em aeroportos minimamente equipados. É aí que encontraremos a maior abundância de dados relevantes para analisar a cooperação humano-máquina[150].

---

[148]Inicialmente batizado "Deep Thought", "Pensamento Profundo".

[149] "the result will not reveal whether the machine can think, but rather whether collective human effort can outshine the best achievements of the ablest human beings."

[150]Que é ainda mais rica na aviação militar, campo em que, por razões óbvias, os dados não estão disponíveis abertamente. Além disso, opto por trabalhar com a aviação civil por considerá-la um modelo do poder emancipador da tecnologia, e uma das mais belas conquistas da humanidade no século XX.

Ainda hoje, para a maioria das pessoas a profissão de piloto está associada a um certo romantismo, decorrente dos primórdios da aviação, nas primeiras décadas do século XX, quando voar era uma atividade quase artesanal, reservada a uns poucos homens e mulheres audaciosos, e com habilidades psicomotoras muito especiais. Porém, nas últimas quatro décadas, mudanças tecnológicas e conjunturais têm cada vez mais distanciado a profissão de piloto dessa fase romântica[151]. O aprimoramento dos sistemas aviônicos[152] têm redefinido os modos de controle dos aviões, que em condições normais conduzem-se a si próprios da origem ao destino com um mínimo de intervenção motora dos pilotos. Paralelamente, os aspecto econômicos, do vôo têm se tornado cada vez mais críticos, demandando a decisão dos pilotos sobre questões desvinculadas das técnicas de pilotagem, propriamente ditas.

Como tantas outras atividades econômicas, a aviação comercial tem se tornado cada vez mais intensiva em capital, em um cenário de gestão financeira complexa e margens de lucro reduzidas. Além disso, o preço do querosene de aviação tem subido vertiginosamente, tornando-se um item de impacto crescente sobre a atividade aeronáutica. Essa realidade se reflete na ênfase que os autores especializados (por exemplo, Risukhin, 2001; Pinto e Pinto, 2003; Bassani, 2005) e os pilotos com quem conversei dão à questão da lucratividade, ou da viabilidade econômica do vôo. Em grande medida, pode-se dizer que a "habilidade de pés e mãos"[153] tem sido colocada em segundo plano, diante da capacidade do piloto para administrar detalhes técnicos de fundo econômico. Por exemplo, em um aeroporto de grande movimento, se o piloto perde a sua "janela de decolagem", por alguma razão[154], talvez tenha que esperar vários outros aviões decolarem na sua frente, o que implica na queima de centenas de quilos de combustível, ainda em terra, para manter os motores funcionando. Pior ainda, a perda do horário de partida pode significar uma longa espera para pouso no aeroporto de destino, com mais desperdício de combustível. Metaforicamente, podemos dizer que o piloto de linha é, hoje em dia, o gerente de uma pequena empresa que atua em um cenário

---

[151]Lembrando que estamos nos referendo à aviação de carreira, que pressupõe um contexto gerencial e tecnológico peculiares. Na aviação experimental e na aviação executiva ainda existe alguma margem para o romantismo, o que nem sempre beneficia os passageiros...

[152]Dá-se o nome de sistemas aviônicos ao conjunto dos sistemas automatizados embarcados na aeronave, a fim de auxiliar os pilotos nas suas tarefas.

[153]"Habilidade de pés e mãos": termo usado pelos pilotos para se referir à destreza no acionamento coordenado do manche e dos pedais que controlam o avião.

[154]Que pode ser um simples mal-entendido na comunicação com a torre de controle.

complexo de regulamentos, normas, procedimentos e políticas sob controle de pelo menos duas hierarquias de comando: a sua própria companhia e a autoridade de controle de tráfego aéreo. Juntem-se a essas variáveis as questões cotidianas de relacionamento com a tripulação, comunicação com as torres de controle, problemas de manutenção dos aviões, escalas de trabalho, e percebe-se que o romantismo da profissão de piloto, comum no imaginário dos leigos, atualmente dá lugar a um cenário um tanto quanto austero.

Segundo (Pinto e Pinto, 2003, p.17) o objetivo primordial da aviação civil de transporte de passageiros "pode ser resumido em duas palavras: *segurança e eficiência*" (grifo dos autores). Ou seja, transportar os passageiros aos seus destinos, minimizando o número de acidentes e incidentes, assim como o consumo de combustível e custos de manutenção. A fim de que esse objetivo se traduza na conquista de metas cada vez mais ambiciosas, a automação é fundamental, e nas modernas aeronaves, realiza-se de forma notável a "substituição da força humana por forças naturais, e da rotina empírica, pela aplicação consciente da ciência" (Marx, 1998, I/1, p.442). Como discutiremos em mais detalhes na próxima seção, a automação em alto nível conduz ao paradoxo do aumento da qualificação em certas áreas de trabalho. Esse também é, certamente, o caso da aviação.

A formação de um piloto profissional, atualmente, é longa, e passa por diversas etapas. Para chegar a comandar um avião a jato de grande porte, em uma empresa aérea de classe internacional, ele[155] precisa acumular milhares de horas de vôo, durante dez anos, ou mais. Além disso, durante toda a carreira os pilotos precisam se reciclar profissionalmente, por duas razões: primeiro, devido à atualização tecnológica das aeronaves e dos procedimentos de navegação; segundo, devido à eventual necessidade de aprender a pilotar diversos tipos de aeronaves, de diferentes fabricantes. De fato, o piloto de avião é o único profissional obrigado por lei a um período de reciclagem e avaliação de aptidões a cada seis meses, processo que é realizado em simuladores de vôo, sob a supervisão de instrutores acreditados. Nessas

---

[155]Refiro-me o piloto, no gênero masculino, porque a profissão ainda tem uma grande maioria de homens, embora haja mulheres pilotando aviões em todos os níveis, tanto na aviação civil como na militar. Não adoto a forma "politicamente correta" "ele/ela" ou "ele ou ela", porque as considero estilisticamente insuportáveis. Ademais, na língua portuguesa a flexão de gênero afeta quase todos os substantivos e adjetivos, de modo que não adianta importar do inglês contemporâneo o hábito de usar os pronomes tanto no masculino como no feminino.

reciclagens, são testados não só o conhecimento sobre procedimentos de rotina, mas especialmente, as reações do piloto em situações de emergência diversas[156].

O piloto toma parte tanto no planejamento quanto na execução do vôo; é gerente, mas ao mesmo tempo, operário. Desafia, portanto, a divisão do trabalho característica da sociedade industrial, que normalmente separa planejamento e execução, conhecimento teórico e *savoir-faire*[157]. O piloto profissional é um *expert*, ou seja, um profissional que reúne elevada capacitação técnica, um vasto cabedal de conhecimento especializado e um refinado juízo empírico, em um campo de ação bem específico. É também um operário, que controla um maquinário complexo, em um esforço combina sensibilidade tátil, visual e auditiva com uma boa dose de coordenação psicomotora, sobretudo em situações de emergência, tais como pousos atípicos. Sua relação com os sistemas aviônicos tem, ao mesmo tempo, semelhanças com a relação entre os operários e os robôs, na indústria, e com a relação entre os trabalhadores de escritório e os sistemas de informação. Uma vez que a experiência é uma qualidade relevante, tanto para o operário qualificado quanto para o *expert*, é natural que as estatísticas apontem a inexperiência do piloto como um fator de risco relevante para a ocorrência de incidentes e acidentes relacionados a falhas humanas na pilotagem (McFadden, 1997). Esse é um dado significativo, uma vez que as demandas físicas das longas jornadas de trabalho, bem como a necessidade atualização profissional constante poderiam, em princípio, favorecer os pilotos mais jovens, embora menos experientes.

Assim como em outras profissões, a tecnologia tem alterado significativamente a pilotagem, no decorrer dos anos. Dos primeiros aviões comerciais, na década de 1920, até o Concorde, no início dos anos de 1970, o número de mostradores (*displays*) na cabine de comando multiplicou-se rapidamente. Em termos cibernéticos, isso significa que os pilotos e engenheiros de vôo participavam, na condição de monitores e atuadores, de laços de retroação cada vez complexos, necessários ao controle das aeronaves. A sua carga cognitiva, portanto, era cada vez maior. Em outras palavras, cada avanço tecnológico das aeronaves refletia-se

---

[156]O que aliás, nos leva a pensar que talvez vivêssemos em um mundo mais seguro e saudável se outros profissionais, como médicos, enfermeiros, odontólogos, policiais e motoristas fossem obrigados a procedimentos semelhantes., usando os múltiplos recursos de simulação atualmente disponíveis.

[157]Por exemplo, na área de saúde, os médicos detém o domínio epistemológico, enquanto os cuidados com os pacientes ficam a cargo das enfermeiras. No Brasil, essa divisão do trabalho tem um forte impacto sobre o status social de ambas as profissões, que se reflete em um exercício de poder profissional dos médicos sobre as enfermeiras.

diretamente sobre a quantidade de dados que os tripulantes deveriam monitorar, a fim de tomar as decisões pertinentes em tempo hábil. A partir dos anos de 1980, com a introdução dos jatos B757, B767 (Boeing) e A310 (Airbus)[158], esse panorama começa a se modificar. Essas aeronaves, muito mais automatizadas do que as anteriores, introduzem o conceito de *glass cockpit*[159], que se caracteriza pela apresentação de dados consolidados em telas de computador, e não somente nos mostradores instrumentos eletromecânicos tradicionais. Contudo, muitos desses mostradores permaneciam nos painéis, lado a lado com as novas telas, caracterizando uma espécie de sistema aviônico, híbrido, de transição. Já a partir dos anos de 1990, os instrumentos tradicionais praticamente desaparecem das cabines dos jatos mais modernos, dos quais o Boeing 777 e o Airbus A330 são os exemplos mais notáveis[160]. É interessante observar como as cabines desses aviões são muito mais "limpas" do que as de seus antecessores, devido à redução do número de mostradores, botões, etc[161].

Mas esses novos jatos[162] trazem novidades que vão muito além da forma de apresentação dos dados. Nos aviões mais antigos, as ações dos pilotos sobre os controles direcionais (pedais e manches) é transferida diretamente aos sistemas hidráulicos, que então movimentam as superfícies móveis das asas e leme. Com a introdução dos sistemas *fly-by-wire*, as ações dos pilotos são codificadas por meio de sinais eletrônicos, que são então transmitidos aos sistemas de acionamento elétrico das superfícies móveis para a realização dos movimentos pertinentes. Com isso, muda completamente a dinâmica da interação humano-máquina. Nos sistemas hidráulicos convencionais, a força exercida pelos controles sobre pés e mãos dos pilotos é diretamente proporcional à resistência das superfícies móveis ao movimento, e a força exercida pelos controles sobre essas superfícies é diretamente

---

[158]A Boeing, dos Estados unidos, e a Airbus, formada por um consórcio de empresas européias, são as duas únicas fabricantes de aviões comerciais de grande porte, acima de 120 passageiros.

[159]Ao pé da letra, "cabine de vidro", ou "cabine envidraçada".

[160]Cheguei a inserir no texto fotos das cabines desses aviões, para maior clareza. Contudo, dei-me conta de que havia problemas relativos a *Copyright*. Pretendo encontrar fotos de livre reprodução, para inserí-las na versão final revisada.

[161]Uns poucos instrumentos críticos, como a bússola e o horizonte artificial são preservados para o casso de uma eventual pane elétrica, cuja possibilidade de ocorrência é cada vez mais remota. Projetos ainda ainda mais recentes já começam a trazer cabines em que os botões e mostradores tradicionais desaparecem por completo, devido à introdução de grandes telas de computador sensíveis a toque, que servem tanto para a leitura de dados quanto para a introdução dos comandos.

[162]Novos, porque o ciclo de desenvolvimento de um jato de médio ou grande porte dura cerca de dez anos, da concepção ao vôo inaugural.

proporcional à aplicada pelos pilotos sobre os pedais e manche, mais ou menos como acontece em um sistema de frenagem assistido, em um automóvel comum. Nos sistemas *fly-by-wire*, são os computadores que estabelecem a força exercida pelos servomecanismos sobre as superfícies móveis, a partir das informações "relevantes para o vôo", combinadas com os movimentos dos controles manuais (Risukhin, 2001, p.42). Na outra via do respectivo laço cibernético, a força exercida pelos controles sobre pés e mão dos pilotos são criadas artificialmente pelo sistema, uma vez que não há ligação mecânica entre as superfícies móveis, pedais e manches. Grosso modo, é um sistema que remete aos freios ABS (anti-travamento) dos automóveis, cuja ação sobre as rodas não é diretamente controlada pelo motorista, mas computada a partir da pressão exercida no pedal, juntamente com diversas variáveis adicionais.

É curioso que nos novos aviões da Airbus o tradicional manche seja substituído por um *joystick*, semelhante aos utilizados pelos jogos de computador[163]. Esse é apenas mais um detalhe que evidencia a progressiva *virtualização* da cabine de comando, que vai se transformando em uma espécie de *filtro cognitivo* entre o piloto e a realidade física da aeronave e do espaço no qual ela se movimenta. Ou seja, na mesma medida em que o desenvolvimento do hardware e do software proporciona simuladores de vôo cada vez mais realistas, a pilotagem real, ao se afastar da interação direta com o mundo físico, cada vez mais se aproxima da simulação. Evidentemente, essa tendência modifica bastante as competências críticas do piloto ou, mais precisamente, reposiciona as competências existentes e força o desenvolvimento de outras novas. Portanto,

> A automação transformou a própria essência da profissão de piloto. Embora boas habilidades de controle da aeronave continuem sendo extremamente importantes, a proficiência de 'pés e mãos'[164] não é suficiente para um piloto contemporâneo. A capacidade do piloto em tornar um avião altamente computadorizado tão compreensível e *obediente* quanto o seu primeiro e ainda 'bem lembrado' avião[165] é um outro requisito vital para para um vôo seguro, *lucrativo* e confortável, hoje em dia (Risukhin, 2001, p.33, grifos meus).

---

[163]Embora um dos pilotos com quem conversei tenha me informado que os aviões podem ainda ser equipados com manches, sob demanda, para satisfazer aos clientes interessados em dar aos seus pilotos um ambiente mais parecido com os que já se encontram acostumados.

[164]No original, "stick-and-rudder" proficiency, em alusão à capacidade de controlar as superfícies móveis do avião por meio dos pedais e do manche.

[165]"first and still well-remembered airplane", no original.

Além do aspecto econômico do vôo, aqui expresso na palavra “lucrativo”, o trecho acima chama a atenção pelo uso do termo “obediente”, em referência ao avião. A princípio, poderia parecer apenas mais um jargão, uma expressão antropomórfica sem maior significado. Mas, ao contrário, ela é altamente significativa.

Tradicionalmente, como vimos, as superfícies móveis do avião atendiam diretamente ao controle dos pilotos. Analogamente, o controle de potência dos motores era bastante direto, inclusive através do controle manual da injeção de combustível, como ainda ocorre em alguns aviões de porte muito pequeno. Então, “fazer o avião obedecer” significava acostumar-se às suas reações mecânicas, determinadas pela aerodinâmica, peso, equilíbrio, respostas dos motores e demais características físicas do aparelho. Com os sistemas *fly-by-wire*, completamente computadorizados, quem controla a aeronave não são somente os pilotos, mas os pilotos cooperando com os sistemas cibernéticos, baseados em heurísticas e algoritmos estabelecidos pelos projetistas do avião. Agora, “fazer o avião obedecer” custa menos em termos de “pés-e-mãos”, mas custa mais em termos de reconhecer e conhecer os modos de funcionamento dos sistemas: em que modo o avião está operando, e em que circunstâncias determinados subsistemas podem ser acionados, que tipo de reações esperar, quando devem ser desativados, e assim por diante.

Nesse ponto, deve-se compreender que não existe uma fronteira totalmente definida entre os aviões automatizados e os não automatizados, porque a automação, sob formas mais ou menos avançadas, está presente nos aviões comerciais desde a década de 1930, quando foram instalados os primeiros pilotos automáticos[166]. Em particular, as aeronaves A310 e B757/767, citadas anteriormente, são altamente computadorizadas, embora usando ainda o acionamento hidráulico das superfícies móveis, e um certo número de instrumentos analógicos na cabine. O que tem ocorrido, com o desenvolvimento da aviônica, é a progressiva digitalização dos sistemas de vôo, com a transferência de um número crescente de funções críticas para os computadores, decorrente do desejo dos fabricantes e das companhias aéreas de substituir, com vantagens, a maior gama de atividades humanas na pilotagem, com um mínimo de supervisão[167], o que se consegue através de modelos com um número cada vez maior de variáveis, computadores mais poderosos e programas de controle mais complexos.

---

[166]Os sistemas automáticos de navegação também são usados há muito em dispositivos não-tripulados, como as bombas V-2 alemãs, que atingiram Londres na II Guerra Mundial.

[167]À semelhança do que ocorre em outras áreas de aplicação da automação.

Em contrapartida, tais sistemas tendem a ser mais imprevisíveis, podendo surpreender os seus operadores com comportamentos inusitados, mesmo após anos de uso, geralmente porque o software não responde de forma adequada em alguma situação específica[168].

Contudo, mesmo nas situações normais de pilotagem, com os sistemas funcionando conforme o esperado, um avião moderno não faz exatamente o que os pilotos determinas, mas em certa medida, aquilo que seus sistemas *deliberarem* fazer, de acordo com os comandos dos pilotos. Naturalmente, deliberar, aqui, significa submeter os comandos à logica dos sistemas, que os pilotos não podem mudar. Na prática, isso quer dizer, por exemplo, que certos parâmetros críticos do vôo, como a velocidade do ar, o ângulo de ataque e a aceleração vertical serão mantidos dentro de faixas pré-definidas, a fim de garantir a integridade estrutural do avião, *ainda que os pilotos tentem manobrar o aparelho fora dessas faixas* (Job, 1998, p.13). Em tese, o comandante pode desacoplar os sistemas automáticos de navegação e de propulsão a qualquer momento, mas na prática, a questão não é tão simples. Na realidade, os pilotos são instruídos a delegar a maior carga possível de atividades aos sistemas automáticos, de forma que se torna difícil saber quando assumir o controle sem violar os princípios estabelecidos pela companhia aérea e pelo fabricante do avião[169].

A lógica interna dos sistemas aviônicos é elaborada pelos engenheiros ao cabo de inúmeras simulações, testes e informações procedentes da operação das aeronaves ao longo dos anos, inclusive informações oriundas da investigação de acidentes e incidentes. Por um lado, isso aumenta a segurança do vôo automatizado, mas, por outro lado, complica a cooperação humano-máquina (especialmente em situações críticas), porque fica difícil para os pilotos conhecer, prever e se adaptar às reações do aparelho[170]. A propósito, o estudo de

[168]Eu ouvi, de duas fontes confiáveis e tecnicamente abalizadas, o relato de um avião a jato de grande porte que, tendo sido colocado em manobra de espera sobre um importante aeroporto brasileiro, "recusou-se" a retomar o curso da aterrissagem, quando os pilotos deram o comando para fazê-lo. Enquanto o avião voava em círculos por conta própria, e o nível de combustível descia, os contatos em terra chegaram a um engenheiro da empresa fabricante da aeronave, que recomendou ao piloto que retirasse uma determinada placa de circuito eletrônico do respectivo conector, e a recolocasse de volta em seguida, de modo que o piloto automático fosse "reinicializado", como qualquer computador doméstico "travado".

[169]Novamente, as questões econômicas: se, na investigação de um acidente, entende-se que houve falhas provocadas por uma instrução insuficiente dos pilotos, por parte da companhia aérea, isso pode dificultar o recebimento do seguro.

[170]A imprevisibilidade dos sistemas automatizados não é nova para quem está habituado a trabalhar com os processadores de texto, que freqüentemente arrumam os nossos textos muito mais como eles "querem" do que como nós os mandamos (ou achamos que mandamos) fazer. A diferença é que, enquanto um processador malcomportado pode nos fazer perder algumas horas de trabalho, um sistema de pilotagem automático

acidentes aeronáuticos nos dá elementos importantes para a análise da interação humano-computador, revelando aspectos dessa interação que de outra forma permaneceriam ocultos.

A introdução de novos níveis de automação nas aeronaves é caracteristicamente um risco potencial para a segurança dos vôos, porque os pilotos levam tempo para se adaptar à multiplicidade de funções e "modos de operação" dos sistemas. Após a análise de três acidentes com aviões A320, entre 1988 e 1990, Job (1998, p.29) conclui que todos eles se relacionam com "fatores humanos na operação do sistema de controle tecnologicamente avançado desse modelo", mas não com qualquer problema de "integridade do sistema de controle propriamente dito". Em dois dos acidentes, um na índia e outro na frança, provavelmente ocorreu, por parte dos pilotos, a seleção indevida do "modo" do piloto automático para o procedimento de aterrissagem, e conseqüentemente, um comportamento inadequado por parte do avião, sob o olhar complacente dos pilotos, que até momentos antes dos acidentes (em ambos os casos) não se deram conta de que a aproximação do solo não seguia padrões razoáveis.

No caso francês, há o agravante de que, com o "modo" errado selecionado FCU (Unidade de Controle de Vôo)[171], possivelmente os pilotos inseriram no sistema um dado que precipitou a queda do avião. Pensaram que estavam determinando um ângulo de 3.3º para a aproximação via radiofreqüência, quando na verdade estavam determinando uma razão de descida de 3300 pés por minuto, elevadíssima, e que só poderia ser usada em situações de emergência, muito acima do solo. Obviamente, um tipo de situação impensável caso o avião fosse *menos* automatizado, porque os pilotos teriam que cuidar de todos os detalhes da aproximação, monitorando atentamente os parâmetros de vôo por meio dos instrumentos no painel. Para compreender melhor essa situação, é preciso saber que, na aviação de linha os pilotos são instruídos a pilotar o avião usando "pés e mãos" o mínimo possível, inserindo todos os dados de navegação pertinentes no piloto automático, apenas para balizar os rumos do aparelho. Isso não significa, porém que os pilotos devam relaxar diante da automação. Ao contrário, em tese eles deveriam monitorar atentamente os parâmetros do vôo, mas na prática, isso nem sempre acontece, por diferente razões.

---

malcomportado pode eliminar mais de quinhentas vidas humanas rapidamente.

[171]Para o Airbus A300 Job (1998, p.143) lista nada menos do que 11 modos diferentes de operação da FCU (Unidade de Controle de Vôo), cada um dos quais implica em reações diferentes por parte da aeronave, com o agravante de que alguns desses modos podem ser usados em conjunto uns com os outros.

Uma delas pode ser simplesmente o cansaço[172]; outra, a comunicação deficiente entre piloto e co-piloto, na sua divisão de tarefas habitual. A esse respeito, é importante salientar que, diferentemente do que ocorre em outras profissões, os tripulantes dos aviões não formam equipes estáveis ao longo do tempo. Ao contrário, muitas vezes são colegas de empresa que mal se conhecem, colocados para trabalhar juntos em função das contingências de suas respectivas escalas. Assim, enquanto um cirurgião têm a sua equipe habitual, às vezes durante anos, os pilotos de uma grande empresa aérea têm que se acostumar a trabalhar com diferentes cooperadores, confiando, para comunicar-se efetivamente com eles, no conhecimento tácito e na capacidade técnica de cada um, além da obediência comum às normas e procedimentos da empresa e do fabricante do avião.

Incidentes sérios e acidentes de graves proporções já foram causados pelo *desentendimento* entre pilotos e sistemas automatizados[173]. Job (1998, cap. 8) analisa um acidente com um Airbus A300, minutos antes do previsto para a aterrissagem em Nagoya, no Japão, causado por uma espécie de briga entre os pilotos e os computadores pelo controle do avião. Tendo, inadvertidamente, selecionado um modo incorreto no computador de bordo, o co-piloto fez com que a aeronave alterasse seu curso vertical, estabilizando a altitude, ao contrário do que se esperava durante o pouso. Ao perceber o problema, nem ele nem o capitão foram capazes de desconectar o piloto automático completamente, e assumir o controle da aeronave, e não entenderam que isso estava acontecendo. Conseqüentemente, seus movimentos sobre os manches foram recebidos pelos sistemas automáticos como desvios no comportamento da aeronave. Além de não obedecer plenamente aos comandos, os computadores enviaram aos sistemas direcionais outros comandos, contrários aos dos humanos. Nessa disputa pelo controle do avião, sucederam-se elevações e perdas de altitude. Finalmente, o avião perdeu sua sustentação aerodinâmica e bateu violentamente contra o solo, bem próximo ao aeroporto.

O mais impressionante é que outro acidente quase idêntico ocorreu com um avião do mesmo modelo e da mesma companhia aérea, em 1998. Antes, em 1991, um incidente sério, com um avião da mesma "família", mas de outra companhia, seguira o mesmo padrão de

---

[172]Porque, também na aviação, a finalidade da automação não tem sido aliviar a fadiga do trabalhador, mas incrementar a extração de mais-valia.

[173]A palavra desentendimento, aqui, tem uma conotação provocadora. Não é a máquina que se desentende com as pessoas, mas, indiretamente, as pessoas que conceberam e construíram a máquina se desentendem com as que as utilizam.

desentendimento entre máquinas e humanos (Job, 1998, p.154-155). Tais acontecimentos são um alerta dos riscos dos sistemas automatizados, que, no caso, superaram até mesmo a capacidade de entendimento de profissionais altamente qualificados.

Os pilotos profissionais são instruídos a confiar na automação, acostumam-se a ela e dependem dela totalmente, para suas atividades rotineiras. Gradativamente, eles automatizam seus próprios procedimentos no contato com os sistemas automáticos. Então, fica cada vez mais difícil *confiar desconfiando*, o que seria atitude mais sábia e coerente, uma espécie de *vigilância epistemológica e tecnológica aplicada*. Mas, ao contrário, a vigilância sobre os parâmetros de vôo é uma das competências que tende a ser corrompida pela automação das aeronaves. Mesmo em aeronaves pouco automatizadas, para os padrões atuais, a invigilância dos pilotos já provocou catástrofes.

No dia 3 de setembro de 1989, um Boeing 737-200 da Varig, fabricado em 1974, caiu em plena selva amazônica, no Pará, após vagar sem rumo na escuridão da noite por horas, até que seu combustível se esgotasse. O motivo do acidente: o comandante leu no plano de vôo o número 0270, e ajustou o piloto automático para uma proa de 270º, quando deveria tê-la ajustado para 27,0º. Aparentemente, o co-piloto não fez a sua parte, que consistiria em verificar a coerência do ajuste. Decolando com um desvio de 247º em relação ao esperado, o avião seguiu no rumo oeste, ao invés de nordeste, como deveria ter feito, na etapa Marabá-Belém. Ainda assim, se os pilotos tivessem "balizado lateralmente a navegação, como prescrevem as normas de pilotagem" (Sant'Anna, 2001, p.213)[174], teriam verificado o desvio de curso, e tomado as providências para sua correção. Entretanto, prosseguiram rotineiramente, confiando cegamente no piloto automático, que na verdade, estava conduzindo o avião para onde foi ordenado, *mas não poderia saber para onde tinha de ir*. Além disso, o vôo se realizava com céu limpo, sem distúrbios climáticos, em horário próximo ao por do sol. Ora, tivessem os pilotos exercitado os mais elementares conhecimentos de geografia, veriam que estavam no rumo errado. Alguns passageiros, habituados à rota, de fato observaram o desvio em relação ao sol poente, além dos acidentes geográficos não familiares que podiam ver pelas janelas. Cada qual, entretanto, confiando mais na competência dos pilotos do que no seu próprio bom senso, parece ter guardado para si mesmo as suas dúvidas,

---

[174]Na época não havia GPS, mas mesmo em uma área remota como a Amazônia, algumas estações de rádio em terra permitiam aos pilotos estimar a posição do avião, por meio de "um exercício simples de trigonometria, bê-á-bá da navegação aérea" (Sant'Anna, 2001, p.213).

até que fosse tarde demais. Por fim, já no escuro, e não tendo avistado o aeroporto de destino na hora prevista o comandante, ao consultar o radar meteorológico, e não observar os acidentes geográficos característicos da região de Belém, julgou “que as imagens estivessem sendo mascaradas por algum tipo de interferência” (Sant'Anna, 2001, p.213).

Por um lado, podemos dizer que esse trágico acidente se deu por falhas técnicas, uma vez que os pilotos não executaram os procedimentos recomendados de navegação. Por outro lado, desde o primeiro engano, com a inserção dos dados errados no piloto automático, até o desfecho final, houve tempo de sobra para que o rumo do avião fosse corrigido. O relato detalhado do acidente, contudo, baseado em depoimentos e na gravação da “caixa preta”, mostra que os pilotos perderam a noção dos procedimentos a adotar, como que *desconectados* da sua missão de levar os passageiros ao seu destino com segurança. Piloto e co-piloto, embora jovens (32 e 29 anos, respectivamente), não eram inexperientes, conheciam os procedimentos técnicos, e não podiam ser completamente ignorantes em geografia. Faltou aplicar seus conhecimentos para atingir os objetivos profissionais justos, naquela ocasião. Em outras palavras, não foi por falta de conhecimento formal (coordenadas geográficas, etc.), ou por falta de conhecimento técnico (regras de pilotagem) que os pilotos se envolveram no acidente. Foi por falta de mobilização desses conhecimentos de forma consciente e contextualizada – um dos aspectos daquilo que escolhemos chamar *phrónesis*. Cabe insistir: não é a automação, por si só, que causa acidentes. Ela apenas redistribui responsabilidades, e assim, muda as razões pelas quais os acidentes ocorrem. No caso em foco, a falta de vigilância dos pilotos em relação à rota seria impensável se o avião não tivesse piloto automático, pois eles teriam que cuidar de todos os detalhes da navegação. Por outro lado, é claro que a falta de piloto automático submeteria os pilotos a uma fadiga física e cognitiva que também poderia causar acidentes[175].

O acidente com o B737 da Varig é em alguns aspectos semelhante ao acidente com o A310 da Thai Airways, que em 31 de julho de 1992 chocou-se contra uma montanha no Nepal (Job, 1998, cap.6). Também nesse caso, os pilotos perderam a orientação, embora já bem próximos do destino, devido a um procedimento de pouso frustrado. Depois, tentaram reconduzir o avião à rota normal de aproximação, perto do aeroporto de Katmandu, mas

---

[175]Atualmente, é praticamente impossível ocorrer um acidente como o do vôo RG-254, devido à sofisticação dos sistemas de navegação, tanto os inerciais quanto os baseados em GPS, que permitem localizar a aeronave com enorme precisão.

enquanto ocupavam-se em tentar balizar os sinais direcionais das antenas de rádio terrestres e alimentar o computador de bordo com os dados que achavam pertinentes, chocaram-se contra um paredão rochoso ao norte do aeroporto, quando deveriam estar ao sul. Ao que tudo indica, piloto e co-piloto ficaram de tal forma absorvidos na interação com os sistemas automatizados que simplesmente esqueceram-se de consultar os instrumentos de navegação tradicionais do painel, o que lhes teria permitido antecipar o perigo. Vários fatores contribuíram para esse acidente, incluindo a ausência de radar na torre de controle do aeroporto e uma larga seqüência de mal-entendidos na comunicação entre pilotos e controladores. Porém, "não está claro porque o comandante persistiu durante tanto tempo na suas tentativas de navegar apenas inserindo dados no FMS (*Flight Management System*, ou Sistema de Gerenciamento de Vôo)", uma vez que as informações disponíveis por meio dos instrumentos o teriam permitido navegar a aeronave por outros meios (p.112). Podemos supor que a crescente *virtualização* da pilotagem, por meio da automação, afasta cada vez mais os pilotos das suas habilidades tradicionais de navegação, que, não obstante, continuam sendo importantes em circunstâncias especiais. Além disso, como em tantas outras catástrofes tecnológicas, faltou o bom-senso – *phrónesis* – que teria permitido os pilotos comunicarem-se melhor e mobilizarem seus conhecimentos de forma efetiva.

A propósito da relação entre pilotagem e *phrónesis*, cabe considerar um outro acidente trágico, detalhado por Job (1998, cap.3), e que a princípio nada tem a ver com a automação. Trata-se da queda de um jato Fokker F28, para 65 passageiros, logo após a decolagem, na cidade canadense de Dryden, no dia 10 de março de 1989. Resumidamente, o avião caiu devido ao acúmulo de neve sobre as asa, um problema comum no inverno do hemisfério norte, onde os aeroportos são equipados com unidades bombeadoras de líquido anti-congelante, para banhar as asas dos aviões, quando necessário (um procedimento caro, que as empresas aéreas tentam evitar). O problema da neve não é o peso, como se pode pensar, mas a deformação do perfil aerodinâmico das asas, que deixam de proporcionar a sustentação esperada ao avião. Foi o que aconteceu com o Fokker, que naquele início de tarde caiu em uma floresta de pinheiros, após atingir o final da pista de decolagem, sem ganhar altitude. Por quê?

O comandante do F28 tinha 35 anos de experiência, mas apenas dois meses no camando daquele tipo de aeronave, em que somava apenas 80, das suas 28.000 horas de vôo. Além disso, o Fokker era o maior jato que ele já havia comandado, e o único que ele havia

operado em rotas regulares. O co-piloto, em situação análoga, tinha experiência de apenas um mês com o referido modelo de avião, apesar de suas 10.000 horas de vôo. Isso significa que, para ambos, as reações da aeronave não eram totalmente familiares. Além disso, há grandes diferenças na pilotagem de aviões a jato, comparados aos aviões tubo-hélice a que o pilotos estava acostumados[176] e que, parece, habituaram-se a operar com certa negligência em relação à quantidade de neve nas asas.

Embora o comandante[177] do vôo fosse tido como um profissional preocupado com o bem-estar dos passageiros e seguidor de elevados padrões operacionais, ele participou da seqüência de erros que causaram o acidente, porque não realizou a inspeção externa da aeronave, nem ordenou ao co-piloto que a fizesse[178], o que seria indispensável, especialmente diante da neve que caía sobre o aeroporto, com intensidade crescente. Mas ele não errou sozinho. As orientações da companhia aérea a respeito do assunto não eram claras, e não havia um procedimento definido que permitisse aos demais tripulantes compartilhar com o piloto as suas impressões, de modo que todos se abstiveram de comentar o acúmulo de neve. Além disso, havia à bordo, como passageiros, dois pilotos profissionais experientes, que também se preocuparam com o problema, mas, por razões distintas, omitiram-se. Por fim, a investigação do acidente indicou que a autoridade canadense reguladora do tráfego aéreo "não estava adequadamente preparada para exercer as suas funções" (Job, 1998, p.64), em particular no que dizia respeito à fiscalização dos padrões operacionais das linhas aéreas regionais.

Novamente, o que gerou a catástrofe não foi a falta de conhecimento, mas a falta de vigilância crítica – em sentido amplo – dos responsáveis pelo vôo, em relação às próprias ações e em relação às ações de seus pares. Devido a uma série de deslizes administrativos estruturais e circunstanciais, no momento da decolagem "o estresse e a frustração do dia tinham finalmente – e fatalmente – afetado o juízo da tripulação"[179] (Job, 1998, p.62). Diante

---

[176]Pinto e Pinto (2003) detalham algumas dessas diferenças de forma clara. A propósito, mesmo uma incursão breve em um simulador de vôo doméstico mostra como os aviões a jato reagem aos comandos a às condições ambientais de forma peculiar.

[177]Evito deliberadamente nomear os pilotos envolvidos nos acidentes. De resto, seus nomes aparecem na bibliografia indicada.

[178]"Após todos os cheques estarem completos e a cabina pronta, o co-piloto desce para a inspeção visual no avião. [...] Faça chuva, faça sol ou mesmo que esteja nevando, [esse procedimento] tem que ser feito por alguém" (Bassani, 2005, pp.28-29).

[179]"crew's judgement", no original

dessa conclusão, semelhante a tantas outras conclusões de investigações de desastres aéreos, sugiro que a *phrónesis* não é apenas uma virtude intelectual individual, mas também uma virtude *coletiva*[180], que se expressa na capacidade de cooperadores humanos dispersos no tempo e no espaço trabalharem em contexto, efetivamente engajados na consecução de determinados fins.

Ao iniciar a narrativa acima, eu disse que o acidente *em princípio* não tinha nada a ver com automação. O comentário a fazer, aqui, é justamente o de que determinadas decisões, como a de decolar ou não, diante de anomalias mecânicas, elétricas, climáticas ou de outra natureza, *não podem ser transferidas aos sistemas automatizados*. Não são decisões que possam ser tomadas com base em regras, heurísticas, técnicas específicas ou conhecimentos abstratos, porque requerem aquele *feeling*, aquele *esprit de finesse* que só a experiência, aliada ao engajamento em uma situação definida, podem proporcionar. Portanto, um acidente como o do F28 mencionado poderia ter ocorrido com qualquer modelo de aeronave, por mais moderna, desde que o juízo dos tripulantes fosse igualmente afetado pelos contratempos, políticas empresariais insatisfatórias e treinamento inadequado, tal como ocorreu no caso em questão. A situação não se resolveria nem por meio de um detector automático de neve, pois um sistema assim poderia auxiliar, mas nunca decidir pela tripulação sobre a conveniência de uma decolagem, nem tampouco substituir uma boa inspeção visual, por parte do piloto, de um mecânico ou de um despachante experiente.

Uma conseqüência direta, e ainda hoje polêmica, dos novos sistemas de automação, foi o desaparecimento do engenheiro de vôo, ou "terceiro piloto", como às vezes é chamado. Indispensável na cabine de comando de qualquer avião de grande porte fabricado até o início da década de 1980, que não tenha sido reequipado com sistemas aviônicos mais modernos, sua função primária é a de monitorar parâmetros críticos dos sistemas das aeronaves, como, por exemplo, temperatura das turbinas, vazão de combustível, pressão do óleo dos sistemas hidráulicos, entre outros. A partir desse monitoramento, ele pode decidir sobre ativar e desativar servomecanismos, e ainda, alertar piloto e co-piloto a respeito de procedimentos rotineiros ou de emergência, em tempo oportuno. Nos modelos de aeronaves *glass cockpit,* esse profissional simplesmente desaparece, pois as suas funções passam aos sistemas automáticos, sob supervisão do piloto e do co-piloto. Na prática, continua existindo o mesmo

---

[180] Na mesma medida em que podemos falar de "inteligência coletiva".

conjunto de laços de retroação básicos de antes, para o controle dos aviões, mas a intervenção direta de uma pessoa nesses laços dá lugar a operações computadorizadas.

A exclusão do engenheiro de vôo dos novos aviões atinge em cheio o mito de que apenas os profissionais pouco qualificados perdem os seus postos de trabalho devido à automação. Ao contrário, trata-se de um profissional altamente qualificado, geralmente oriundo de muitos anos de serviço na área de manutenção, onde havia galgado posições de crescente responsabilidade. Portanto, alguém que conhece a fundo cada sistema da aeronave, o que é muito interessante nas situações de rotina, e crucial em algumas situações de emergência. Se, por um lado, os sistemas automáticos hoje dão conta dos laços de retroação rotineiros, pelos quais o engenheiro de vôo se responsabilizava, por outro lado, quando a rotina é quebrada em função de situações ambientais imprevistas ou de falhas do equipamento, o "terceiro piloto" pode fazer falta, uma vez que a sobrecarga cognitiva do piloto e do co-piloto em situações críticas é sempre enorme.

Ao contrário do que possa parecer, a automação dos aviões não transforma os pilotos em figuras decorativas, para fins de relações públicas das companhias aéreas, mesmo porque

> as aeronaves automatizadas não toleram um comportamento passivo por parte dos pilotos. Ambos têm que estar plenamente envolvidos na coleta e processamento de informações, e na tomada de decisões rápida e precisa (Risukhin, 2001, p.128).

Portanto, a rotina, em aviação, é um contra-senso, uma distorção comportamental individual e coletiva, amplificada pela automação crescente dos aviões.

> Dois vôos nunca são iguais. Todos são únicos. Mas há um requisito que tem deve ser atendido em todos os vôos: toda informação relevante para o vôo tem que ser continuamente coletada, cuidadosamente avaliada[181] e adequadamente usada pela tripulação de cabine. Uma dose saudável de alerta [sic] e de *curiosidade* durante todo o vôo não faz mal a nenhum piloto, independente da sua experiência e das *capacidades do avião* (Risukhin, 2001, p.129, grifos meus).

Ou seja, não há nível de automação que sirva de pretexto para o comportamento rotineiro que conduz à falta de vigilância[182]. Tal conclusão vai ao encontro da posição de Pinto e Pinto (2003, p.17) sobre o trabalho do piloto:

> Quando estamos sentados na nossa cabine de comando não devemos esquecer que lá atrás, na cabine de passageiros, encontram-se centenas de

---

[181]"assessed", no original.

[182]O que vai ao encontro da opinião de um dos pilotos com quem conversei, militar reformado, agora na aviação de carga, e com mais de 35 anos de experiência.

> pessoas que entregam as suas vidas em nossas mãos, confiando que sabemos o que estamos fazendo e que somos capacitados para resolver com segurança qualquer situação que possa vir a acontecer. [...] as duas coisas – *atitude profissional* e *capacidade técnica* – estão muito ligadas na operação de um avião em serviço de transporte aéreo (Grifos dos autores).

Essa fala ressalta a importância prática da combinação entre *epistéme*, *tékhne* e *phrónesis* na formação do piloto. Se ele se lembra dos passageiros, é porque, em primeiro lugar, acredita em no valor essencial de suas vidas. Além disso, está disposto a promover esse valor, por meio da ação contextualizada, apoiada nos saberes específicos da profissão – tanto formais quanto artesanais – e na experiência que lhe permite lidar adequadamente com as contingências de cada vôo.

5.4 Cooperação na indústria

A atividade industrial está dividida em duas grandes áreas: a indústria de partes discretas e a indústria de processo contínuo. No primeiro grupo estão as indústrias que fabricam e/ou montam componentes e equipamentos. No segundo grupo, estão aquelas que processam líquidos, gases e granulados, com ênfase nas reações químicas que transformam a matéria prima. O Quadro 3 apresenta uma série de exemplos de indústrias em ambas as categorias.

Quadro 3: Tipos de Indústrias.

Partes Discretas	Processo Contínuo
• Montadoras de veículos • Autopeças • Indústria aeroespacial • Eletroeletrônicos • Roupas e Calçados • Embalagens	• Petroquímica (plásticos, borracha, lubrificantes, fertilizantes, defensivos agrícolas, etc.) • Indústria farmacêutica • Papel e celulose • Siderurgia • Cimento • Alimentos

A automação está presente nas indústrias de ambos os tipos, embora por meios tecnologicamente distintos. Na indústria de partes discretas, ela é mais visível para o leigo, devido à presença das máquinas automáticas, tais como tornos de comando numérico e robôs articulados. Na indústria de processos contínuos, por outro lado, a automação materializa-se em dispositivos de mensuração e dispositivos atuadores, tais como válvulas acionadas eletricamente, termostatos e medidores de vazão, cujo funcionamento é invisível para os olhos não treinados.

A automação industrial pode ser dividida em duas grandes áreas: a automação das operações de produção (Automated Manufacturing Systems) e a automação dos sistemas de apoio à produção, (Computerized Manufacturing Support Systems) (Groover, 2000, p.9 e seguintes). O presente texto enfatiza a automação da produção, aquela que comanda os processos de transformação material dos insumos em produtos. Nos sistemas de apoio à produção, ligados às tarefas administrativas, os insumos e produtos são simbólicos, e não materiais. Atualmente, com o barateamento dos computadores e da infra-estrutura de redes, busca-se cada vez mais a integração de ambos os tipos de sistema, o que de certa forma torna mais difusa a fronteira entre o "chão de fábrica" e o escritório.

Segundo Groover (2000, p.63), os componentes fundamentais de sistema automatizado de manufatura são: (1) a energia para efetivar o processo, propriamente dito, assim como para operar o sistema [de controle][183]; (2) um programa de instruções, para dirigir o processo e (3) um sistema de controle para realizar as instruções.

As fontes de energia, e suas formas de aplicação, variam segundo a natureza dos processos. Aqui, deve-se fazer a distinção entre a energia gasta nos processos de transformação, daquela usada nos sistemas de automação. Na indústria, processo significa transformação da matéria-prima em produto. Na aviação, pode-se dizer que o "processo de transformação" é o deslocamento do avião entre a origem e o destino. Nos processos industriais, a energia térmica e a energia mecânica têm papel destacado, ao lado da energia elétrica. Outras formas de energia de menor expressão, a exemplo dos raios laser (ferramentas

---

[183] Embora uma visão cibernética radical afirme que a forma material da máquinas não é relevante (cf. Ashby, 1970, cap.1), no mundo real a eficiência energética é um aspecto crítico dos sistemas automatizados, tais como aviões e plantas industriais. Um sistema que consome energia demais, ou que converte mal a energia consumida torna-se economicamente ou politicamente inviável, em função das preocupações de ordem financeira e ambiental. Cabe ressaltar que, com o passar do tempo, os padrões para avaliação da eficiência energética dos sistemas (assim como das máquinas, em geral) tornam-se cada vez mais rigorosos.

de corte, por exemplo) e outras formas de radiação (esterilização de alimentos) são também utilizadas[184].

Na aviação, a energia térmica dos combustíveis é transformada em energia mecânica pelos motores, de modo que a aeronave vença a inércia, o atrito com o ar e ganhe força suficiente para a sustentação acima do solo, durante a viagem. Tanto na indústria como na aeronáutica, os sistemas de automação baseados em computadores eletrônicos digitais trabalham diretamente com a energia elétrica, exceto algumas linhas de transmissão de dados baseadas em fibras ópticas, que utilizam energia luminosa (que é uma transformação da eletricidade). Há três décadas, os dispositivos de controle pneumáticos ainda eram comuns na indústria, mas hoje em dia eles praticamente desapareceram, devido aos progressos da microeletrônica.

Nos sistemas de automação "primitivos" o programa de instruções era incorporado no hardware (temporizadores, relés, etc.). Atualmente, o controle é feito por software executado por computadores eletrônicos digitais (Groover, 2000, p.67), o que implica em maior versatilidade dos equipamentos, maior flexibilidade para mudança dos processos e maior velocidade para a realização dessas mudanças. Antes, para alterar a lógica de processamento dos dispositivos controladores era necessário alterar manualmente os contatos elétricos e os ajustes dos potenciômetros[185] e outros dispositivos, em um processo "difícil e demorado" (Groover, 2000, p.67), e além disso, propenso a erros. Atualmente, a reconfiguração dos módulos de controle é feita por meio de linguagens de programação específicas, sem intervenção sobre o hardware. Com isso, os efeitos das modificações podem ser simulados antes que estas sejam efetivamente realizadas, o que diminui as possibilidades de erro.

Em palavras simples, os elementos da automação industrial podem ser assim descritos:

> Em uma indústria tem-se uma pirâmide com várias camadas de tarefas e atividades. A base (primeira camada) é a de medição das variáveis. A segunda camada é de controle automático destas variáveis. Enquanto o

---

[184] Importa notar que a difusão da automação em larga escala só foi possível a partir da máquina a vapor, e posteriormente dos motores a combustão interna, que possibilitaram a aplicação de energia mecânica na manufatura, independentemente da existência de uma fonte de energia próxima, tal como um curso d'água. Posteriormente, o motor elétrico deu um novo impulso à automação, tornando as máquinas menores e mais versáteis, porque o movimento passou a ser gerado nos lugares em que se faz necessário, em vez de ser transferido por meio de engrenagens, polias e correias, a partir de um único rotor. Nas aeronaves e plantas industriais os motores elétricos contam-se às dezenas, cumprindo as mais variadas funções.

[185]Potenciômetro é um resistor variável, usado para ajustar parâmetros de funcionamento em equipamentos eletro-eletrônico, através da limitação da passagem de corrente elétrica por um dado circuito.

> controle estiver em automático e tudo funcionando como esperado, a planta está segura. Porém, quando o controle falhar, pode-se perder produtos e colocar em risco a vida dos operadores, os equipamentos da planta e o meio ambiente. Para tratar disso, coloca-se uma terceira camada, a de alarme e intertravamento. O alarme chama a atenção do operador para condições anormais e inseguras e o intertravamento desliga a planta, caso a atuação manual do operador não restaure a condição segura da planta. Se esta camada falhar e houver incêndio e fogo, há ainda uma quarta camada, a de detecção de fogo e gás. Para interligar, integrar e harmonizar estas quatro camadas, tem-se a automação da planta. Finalizando, o controle automático é uma das várias camadas da automação.[186]

Em síntese, o que se faz em uma planta industrial é a transformação de um certo tipo de matéria (matéria-prima), em outro tipo (produto)[187], por meio de uma série de operações, agrupadas sob o nome de processo. Tal processo se realiza sob a influência de muitos fatores, de ordem física, ambiental, cultural, legal e econômica. Para alcançar o máximo rendimento, o trabalho humano na indústria é mediado pela automação, em variantes cada vez mais complexas. Nesse contexto, o conhecimento físico detalhado da planta, por parte dos seus operadores, vai dando lugar a um conhecimento abstrato, adquirido no contato com manuais e interfaces gráficas dos sistemas de controle.

Por outro lado, existem ao redor do mundo plantas industriais em graus muito distintos de automação. Nas indústrias de processo contínuo, o papel dos operadores varia muito, indo desde a supervisão de sistemas praticamente autônomos, por meio de dados consolidados e concentrados em telas de computador, até o acionamento manual de válvulas e equipamentos, em resposta à leitura de instrumentos eletromecânicos em enormes painéis que ocupam muitos metros quadrados de parede. Analogamente, na indústria de partes discretas, há plantas onde os robôs praticamente dispensam a presença humana, mas há outras onde há uso intensivo de mão-de-obra.

Nesse contexto, a viabilidade técnica[188] é apenas uma das variáveis que determinam o nível de automação dos processos industriais. Uma vez que a automação implica quase sempre em investimentos de capital vultosos, é comum a preservação da mão-de-obra humana pouco qualificada em tarefas que, embora pudessem ser facilmente mecanizadas, estão

---

[186] A citação se refere a uma comunicação pessoal do amigo Marco Antônio Ribeiro, datada de 20 mar.2006

[187] Naturalmente, o que que é matéria-prima para uma indústria pode ser o produto da outra, e vice-versa.

[188] Ou seja, a viabilidade em termos absolutos, caraterizada pela existência da tecnologia necessária para substituir o ser humano. O que está em discussão, no presente parágrafo, é justamente a viabilidade relativa, que se delineia a partir de fatores técnicos, financeiros, mercadológicos, etc.

sujeitas aos efeitos da sazonalidade, ou outras incertezas sobre o volume de produção requerido. Em uma empresa que visitei, fabricante de garrafas plásticas, a embalagem do produto final, para acondicionamento nas carretas, é feita por trabalhadores terceirizados, que podem ser facilmente contratados e dispensados ao sabor das oscilações da demanda. No caso, um sistema de embalamento automatizado teria que dar conta dos picos de demanda, de modo que, em períodos de baixa demanda, boa parte da sua capacidade permaneceria ociosa. Em termos de gestão financeira, isso se refletiria em uma remuneração inadequada do capital empregado na compra do equipamento[189]. Situação similar se observa na indústria de ovos de páscoa, onde o efeito da sazonalidade se une às eventuais necessidades de reconfiguração da produção, para fazer face às demandas do marketing. A mão-de-obra temporária, de baixa qualificação, funciona aí como uma espécie de "colchão protetor" do capital perante os acidentes do mercado.

A impossibilidade de imitar certas habilidades humanas por meio das máquinas é a outra razão pela qual a automação de alguns processos ou tarefas não é completa. O canal de televisão The History Channel exibiu, no programa "Mãos à Obra", do dia 29 de abril de 2006, um documentário sobre uma moderna fábrica de pneus, com elevado nível de automação. A surpresa do processo de fabricação fica por conta da inspeção final do produto, feita manualmente, pneu a pneu, por empregados capazes de detectar defeitos de fabricação nos produtos, usando o tato e a visão, além de uma habilidade toda especial para girar os pneus rapidamente sobre uma base apropriada, enquanto os inspecionam. Ou, seja, a destreza manual e a acuidade dos sentidos humanos ainda encontram lugar em postos que as máquinas ainda não puderam alcançar.

A propósito, Groover (2000, p.15) apresenta uma lista de "pontos fortes"e "pontos fracos" de seres humanos e máquinas, no que diz respeito à sua participação na produção. As pessoas têm em seu favor a captação de estímulos inesperados, a originalidade no desenvolvimento de novas soluções, a capacidade de lidar com problemas abstratos, adaptabilidade a mudanças, a capacidade de generalizar a partir de observações, o aprendizado com a experiência e a tomada de decisões com base em dados incompletos. As máquinas, por sua vez, executam tarefas repetitivas de forma consistente, recuperam dados da

[189]Vale notar que todas as atividades industriais são planejadas de modo a operar 24 horas por dia, em regime de turnos de produção, de modo a maximizar a produção, e paralelamente, minimizar o tempo ocioso dos equipamentos.

memória de forma confiável, realizam várias tarefas simultaneamente, são fortes, fazem cálculos rapidamente e tomam decisões[190] rotineiras rapidamente.

Então, ainda segundo Groover (2000, p.13-15), os principais motivos para se automatizar os processos industriais são: (1) aumentar a produtividade, (2) reduzir o custo com mão-de-obra, (3) atenuar os efeitos da falta de mão-de-obra, (4) reduzir ou eliminar tarefas rotineiras, (4) aumentar a segurança do trabalhador, (5) aumentar a qualidade dos produtos, (6) reduzir o tempo de produção, (7) realizar tarefas que não podem ser realizadas manualmente, e (8) e*vitar o alto custo de não usar a automação* (grifo meu).

Em contrapartida, ele aponta os seguintes fatores para a manutenção dos trabalhadores na fábrica: (1) baixo custo de mão-de-obra, (2) dificuldade intrínseca da tarefa, (3) produto com ciclo de vida curto, (4) produto feito sob demanda, (5) instabilidade na demanda, (6) redução do risco relativo ao insucesso de um produto.

Logo, "a automação nem sempre é a resposta certa para uma dada situação da produção", e "uma dose de cautela e respeito tem que ser observada ao se aplicar as tecnologias de automação (Groover, 2000, p.17)." Entretanto, não fica claro, no contexto do livro, em relação a que ou a quem o referido respeito deve ser observado. Por outro lado, fica bastante claro que a cautela se refere, sobretudo, à cuidadosa ponderação entre os benefícios potenciais, custos e riscos implicados em qualquer projeto de automação. Nenhuma referência explícita às demandas sociais, ao impacto da automação sobre a vida das comunidades no entorno da indústria, à demissão de trabalhadores, problemas ambientais ou políticas. Ao contrário, Groover diz que, além do custo da mão-de-obra, os demais fatores que tornam factível o "*uso* do trabalho manual" são, "*em última análise econômicos*" (2000, p.15, grifos meus). Essa linha argumentativa, em um livro de engenharia bem escrito e substancioso, rico de *epistéme* e *tékhne*, nos dá uma pista do quanto a *phrónesis* está ausente da formação dos futuros profissionais – o que se refletirá, mais tarde, sobre a natureza das suas decisões[191].

Considerando que o custo relativo da mão-de-obra na indústria é muito baixo, cabe compreender porque a possibilidade de dispensar trabalhadores continua sendo um dos

[190]Conservo o termo "decisões", originalmente usado por Groover, embora eu mesmo evite aplicá-lo quando me refiro às máquinas.

[191]Essa não é uma generalização precipitada, fruto da análise superficial de apenas um (excelente) livro. Já tive a oportunidade de mencionar a minha larga convivência com engenheiros e técnicos, cuja formação e práticas profissionais conheço bem. Além disso, considerando que a computação é também uma forma de engenharia, minha experiência docente de treze anos na área me permite constatar que também aí a *phrónesis* está praticamente ausente, tanto do currículo formal quanto das práticas cotidianas.

principais fatores da automação. Trabalhadores com quem conversei têm a noção de que "o patrão quer é aumentar o lucro, por pouco que seja". Portanto, se for possível produzir com um número menor de trabalhadores, mantendo os níveis mínimos de segurança, ele o fará[192].

De início, devemos considerar que a mão-de-obra diretamente ligada à produção é provavelmente a variável mais facilmente manipulável na composição dos custos de uma indústria, pois os custos com matéria-prima, energia e distribuição dos produtos, por exemplo, são mais difíceis de controlar. Por sua vez, os trabalhadores ligados à alta administração, ou à pesquisa e desenvolvimento, são menos descartáveis, porque carregam consigo conhecimentos críticos, diretamente ligados à vantagem competitiva da empresa. Portanto, que a demissão de trabalhadores do chão-de-fábrica não é uma contingência da automação, mas, do ponto-de-vista dos gestores do capital, uma parte essencial do processo de acumulação. Conforme afirma Marx (1998, v.1, p.427), o objetivo do capital quanto emprega a maquinaria não é aliviar a labuta dos seres humanos. Portanto, se a automação aumenta a produtividade, poupando o ser humano de tarefas extenuantes, repetitivas, perigosas ou insalubres, ela também proporciona ao empregador um novo mecanismo para produzir mais-valia, por meio da substituição parcial do "trabalho vivo", ou mais precisamente, por meio da reorganização local das forças produtivas, em favor do capitalista. Nesse contexto, ainda podemos dizer que "as máquinas aumentaram, certamente, o número dos abastados ociosos" (Marx, 1998, v.1, p.427), acrescentando que elas aumentaram, paralelamente, o número de desocupados não-abastados ou famintos.

Por um lado, por maior que seja o nível de automação da produção, no chão de fábrica, há tarefas de suporte à produção que precisam ser executadas por trabalhadores especializados: manutenção de equipamentos, (re)programação dos computadores e robôs, projetos de engenharia e administração da fábrica (Groover, 2000, p.16-17). Por outro lado, um aspecto essencial da automação industrial é a subdivisão das tarefas compostas em tarefas simples, que possam ser executadas como unidade, na linha do que Groover (2000, p.17) chama de "princípio USA", sigla em inglês para "understand, simplify, automate", ou seja, entender, simplificar e então automatizar o processo de produção. Essa reformulação do processo produtivo, a partir de uma compreensão abstrata do mesmo, é em parte ditada por necessidades decorrentes das leis físicas, da conformação biológica do trabalhador humano,

---

[192]Um raciocínio correto, em um mundo onde os indicadores financeiros de curto prazo, para enriquecimento de executivos e acionistas, têm primazia sobre o bem-estar humano.

do tipo de matéria-prima, das variáveis ambientais e assim por diante. Mas é também ditada em grande medida por contingências econômicas, administrativas e políticas. Portanto, a aceitação acrítica dos processos automatizados, tais quais se apresentam, equivale à acomodação diante de uma certa visão de mundo constituída historicamente, e portanto passível de transformações. Isso ocorre paralelamente ao processo de desqualificação, quando o trabalhador deixa de ter o domínio do processo para acompanhar apenas partes dele[193].

Para algumas linhas de montagem, como as encontradas em fábricas de produtos eletrônicos de consumo, vale ainda a observação de Marx e Engels (1998, p.46):

> O crescente emprego de máquinas e a divisão do trabalho despojaram a atividade do operário do seu caráter autônomo, tirando-lhe todo o atrativo. O operário torna-se um simples apêndice da máquina e dele só se requer o manejo mais simples, mais monótono, mais fácil de aprender.

De fato, em um mundo de produtos padronizados produzidos em grande escala há pouco espaço para que o trabalhador exercite suas competências dentro da fábrica. Daí a pressão que automação exerce sobre a classe trabalhadora, na medida em que, ao reduzir a demanda por mão-de-obra qualificada, também enfraquece a luta sindical. Os trabalhadores que permanecem nas empresas passam por "reciclagens"[194] e, adquirindo novas competências, recebem remuneração melhor. Alguns são alçados aos "cargos de confiança", nos quais os impositivos de fidelidade às políticas organizacionais são mais rígidos. Julgando-se prestigiados, e quiçá privilegiados no sistema vigente, na verdade são mais explorados do que eram antes, quando se limitavam a realizar tarefas mais elementares – mas, ao menos, mantêm-se empregados.

Há, nesse particular, um flagrante antagonismo entre o desejo por bens de consumo baratos, produzidos em fábricas altamente eficientes[195], e o ideal humanista de postos de

---

[193]Isso nos leva a pensar sobre a insuficiência das lutas trabalhistas que não se fazem acompanhar de um questionamento em profundidade do processo produtivo, inclusive nos seus detalhes técnicos, que muitas vezes, os líderes sindicais nem sequer compreendem. Uma análise atual, embora breve, dessa questão, é feita em um artigo da Revista Forum de agosto de 2006, p.18-21.

[194]Segundo um dos meus interlocutores, ex-trabalhador da indústria, cada vez mais os cursos de capacitação das empresas, para trabalhadores em regime de turno, são oferecidos nos dias de folga. Observamos também um crescente número de treinamentos empresariais ministrados aos sábados e domingos, para os trabalhadores em regime administrativo.

[195]Há que distinguir o consumo excessivo do nível de consumo desejável para a garantia do bem-estar humano. Na atualidade, o padrão de acumulação capitalista está fortemente calcado no desenvolvimento, produção e consumo desenfreado de produtos de consumo supérfluos e tecnologicamente avançados (cf. Furtado, 2000, pp.14-15), com graves reflexos sociais e ambientais. Por outro lado, não se pode negar o lado

trabalho em que as pessoas possam exprimir os seus talentos. A solução, porém, não está em reduzir o nível de automação, ou em obrigar à contratação de trabalhadores onde as máquinas produzem melhor e a custo mais baixo. Na melhor das hipóteses, a redução das jornadas de trabalho por meio de decreto serão apenas um meio de transição para uma reorganização radical do mundo do trabalho.

Isso não significa que a automação deva servir como pretexto para a livre exploração dos trabalhadores, por meio da redução inconseqüente dos quadros profissionais, visando simplesmente aumentar o lucro das empresas. A exploração da mais-valia, que ontem era feita por meio das jornadas de trabalho prolongadas, em tarefas fisicamente extenuantes, hoje se processa, nas plantas industriais, por meio da sobrecarga cognitiva dos trabalhadores que permanecem em seus postos, após as sucessivas ondas de demissões[196]. Em uma economia organizada em torno da maximização dos lucros de curto prazo, para a satisfação dos "investidores", essa é a tendência dominante.

Temos aqui duas possibilidades não mutuamente excludentes. Primeira: a redução do número de trabalhadores nas empresas, devido à automação, tem reflexos mensuráveis na saúde ocupacional, nos riscos operacionais ou nos danos ambientais. Então, as exigências do estado e da sociedade sobre esses indicadores poderiam se tornar rigorosas a ponto de fazer com que saísse mais barato para as empresas manter um quadro profissional qualificado do que arcar com o custo legal e social das demissões. Segunda: a automação faz com que as empresas fabriquem produtos melhores, com menos poluição, mais saúde para o trabalhador e mais segurança, e ainda assim, reduzam seu quadro profissional. Nesse caso, aliás consoante a idéia de progresso tecnológico, aconteceria um ganho real de produtividade, com o conseqüente aumento do tempo ocioso total na sociedade, cujos frutos precisariam agora ser

---

benéfico da produção em larga escala, a custos reduzidos, de itens como medicamentos (para verminoses, infecções, etc.), roupas e artigos básicos de higiene. Pessoalmente, sou fascinado pelo sabonete, esse objeto tão singelo do nosso dia-a-dia: antes, inacessível à maioria da população, ou fabricado em casa, a um elevadíssimo custo em termos de tempo, acidentes e esforço extenuante; hoje, amplamente disponível, a custo baixíssimo, graças à produção em massa automatizada. Acho difícil quantificar, mas a contribuição do sabonete barato para a melhoria da saúde pública evidentemente é enorme. E, mesmo assim, o sabonete artesanal continua tendo o seu valor estético, como presente de bom gosto.

[196]Dois operadores de processos aposentados, oriundos de diferentes empresas, disseram-me que a cada aumento do nível de automação das plantas industriais o grupo reduzido dos trabalhadores que permanecem nos postos de operação têm que dar conta de um número cada vez maior de tarefas, simultaneamente. Isso, segundo eles, anula os efeitos benéficos que a automação traria em termos de segurança e saúde do trabalhador.

disseminados, através de freios à especulação e incentivos aos investimentos na geração de conhecimentos técnicos e científicos, bem como na produção artística e filosófica.

O desemprego e o rebaixamento do valor da mão-de-obra não constituem

> um resultado obrigatório da automação em si mesma, que, igual a qualquer outro progresso técnico, é por natureza benéfica. Se mais homens deixam de trabalhar nas formas penosas, haverá maior disponibilidade de indivíduos que, devidamente educados, ingressarão no setor criador da sociedade, nos mais diversos campos da cultura, da pesquisa, do conhecimento, da arte e do próprio desenvolvimento da automação (Pinto, v.2, p.620).

Aliás, posição semelhante à adotada por Braverman, quando afirma que

> a transformação do processo de trabalho, desde a sua base na tradição, até sua base na ciência, é não só inevitável como necessária para o progresso da humanidade e para a emancipação dela quanto à fome e outras necessidades (1987, p.17).

De onde se conclui que a reformulação das competências humanas é essencial. Primeiro, porque trabalhadores mais competentes são os que têm maior poder de barganha em um mundo automatizado, em que as formas tradicionais de organização por qualificação enfraquecem-se, inexoravelmente. Segundo, porque é através do desenvolvimento de novas competências que as pessoas terão chances de, graças ao tempo ocioso ganho com o progresso tecnológico, realizar-se em campos distintos do seu trabalho profissional rotineiro, vale dizer, aquele "onde ganham o pão com o suor do próprio rosto" – ou com a agitação do próprio cérebro. O "homem onilateral" (cf. Gadotti, 1995, p.55-60), capaz de produzir competentemente em diversas áreas, não é uma quimera, mas um desenvolvimento lógico dos avanços da tecnologia, que aumentam a produtividade e facilitam o intercâmbio de idéias e e de informações[197].

A questão, portanto, está em orientar o progresso técnico de modo a beneficiar o conjunto da sociedade, invertendo a tendência atual de concentração da riqueza e aprofundamento das desigualdades, que se observa em todo o mundo, seja dentro de cada país, seja na relação entre os chamados países "centrais" e os países "periféricos". No próximo capítulo, invocaremos a educação como uma das forças capazes de contribuir com

---

[197]Recentemente, uma amiga psicoterapeuta me disse que perdeu um excelente secretário, que por ser também excelente fotógrafo, passou a dedicar-se à fotografia. Em um desdobramento semelhante, temos um colega, professor de física competentíssimo, que está em vias de transformar-se em ilustrador de quadrinhos, em tempo parcial, porque é também um exímio artista gráfico, que vem desenvolvendo técnicas próprias de ilustração computadorizada.

essa reorientação da sociedade, combinado *epistéme*, *tékhne* e *phrónesis* na formação do ser competente.

6 Desafios Educacionais

A partir de uma perspectiva de educação como emancipação, o presente capítulo identifica alguns dos relevantes desafios educacionais colocados pela rápida disseminação da automação nos mais variados campos da atividade humana. Não ofereço roteiros prontos, mas diferentes perspectivas de análise que, espero, inspirem a consideração de novos caminhos para a escola – em todos os níveis, da pré-escola à pós-graduação.

Antes de chegar às reflexões de cunho propriamente pedagógico, o presente capítulo as fundamentará por duas linhas convergentes. Na seção 6.1 apresenta-se uma concepção de conhecimento como articulação entre teoria e técnica, que se atualizam por meio da *atitude deliberativa* do sujeito cognoscente. Argumenta-se que essa concepção é importante como fundamento de uma atitude competente (capaz e conseqüente) em um mundo de automação. Sugere-se, ainda, com base no Livro VI da Ética a Nicômaco, que não é possível tratar o conhecimento em separado dos valores e da virtude moral.

Os desafios políticos internos da educação são tratados na seção 6.2. Chamo-os "internos", porque não trato das políticas educacionais, propriamente (centralização x descentralização, dotação de recursos, etc.), mas do conteúdo político da própria educação. Os atos educativos, em sentido estrito, pressupõem a escolha de conteúdos políticos, ou a sua omissão. Ocorre que um dos aspectos mais importantes, e talvez o mais negligenciado, da herança cibernética, é a indissociabilidade entre os problemas políticos e os problemas tecnológicos, na sociedade. Por isso, proponho que, sob uma perspectiva emancipadora, a escola incorpore os sentidos políticos da automação em seu quadro de referências, rotineiramente.

Os desafios pedagógicos da seção 6.3 oscilam entre situações que estão postas, e proposições dirigidas à mudança da nossa visão de escola. A idéia-chave é a de que

precisamos romper as fronteiras artificiais entre o saber e o fazer, entre aprender e pesquisar, entre conhecer e realizar. Em certo sentido, aproximar a educação, em todos os níveis, daquilo que hoje pensamos ser um curso de doutorado: a construção participativa do conhecimento, sob a tutela de orientadores competentes. Mais do que isso, mobilizar meios para que esse processo se estenda por toda a vida das pessoas.

6.1 Educação, conhecimento e automação

A forma como o conhecimento é tratado na escola, dos níveis fundamentais à universidade, tem sido objeto de crítica há muito tempo. A separação entre teoria e prática, assim como a compartimentalização, são temas recorrentes entre educadores e críticos sociais. Não pretendo, é claro, apresentar soluções definitivas para esses problemas, e sim uma apreciação especial da matéria, com o olhar voltado para a formação de cidadãos competentes e responsáveis, em um mundo de automação. Em particular, argumentarei que, com a disseminação dos dispositivos e sistemas cibernéticos, precisamos combater a uma linha de pensamento que pretende apresentá-los como objetos capazes de conhecer e de produzir conhecimento, autonomamente. Para tanto, é necessário que a educação desenvolva um esforço de integração dos três aspectos fundamentais do conhecimento humano: *epistéme*, *tékhne* e *phrónesis*.

De início, vejamos o que dizia Aldous Huxley (s.d. [1935], p.185), há mais de setenta anos, sobre as conseqüências da fragmentação entre teoria e prática no ensino:

> muitos dos [jovens] que são capazes de permanecer no curso de uma educação acadêmica emergem das suas disciplinas divididos em três tipos: primeiro, como papagaios, engrolando fórmulas decoradas que não chegaram realmente a entender; segundo, se realmente chegaram a *entender* a educação recebida, como especialistas, conhecendo tudo a respeito de um determinado assunto e deixando de se interessar por qualquer outra coisa; e em terceiro lugar, finalmente, como intelectuais, teoricamente conhecedores de tudo, mas desesperadamente ineptos para as ocupações da vida comum" (Huxley, s.d., p.185).

De lá para cá, ao que parece, quase nada mudou[198]. Os "tipos" humanos caracterizados por Huxley são mais ou menos os mesmos que ainda hoje vemos sair das universidades.

---

[198]Talvez, falando em causa própria, possamos ser um pouco mais generosos com os intelectuais, que afinal, nem sempre são assim tão "ineptos para as preocupações da vida comum". Mas, com certeza, são em geral pouco preparados para compreender a lógica e as contingências do mundo da produção material, e ainda menos preparados para intervir positivamente nele, por meio do diálogo com aqueles que o fazem funcionar.

Carecem de uma formação educacional que os torne "seres competentes", capazes de integrar os conhecimentos adquiridos e materializá-los sob a forma de ações coerentes e conseqüentes. Na sua maioria, não possuem as condições para articular saber técnico, teoria e bom-senso, tanto nos atos profissionais, como na participação cidadã. Poderíamos mesmo nos arriscar dizendo que, as pessoas mais competentes da nossa sociedade o são, em parte, devido à educação escolar, e em parte, a despeito dela. Ou, nas palavras de Lins e Gimenez (1997, p.16), "o especialista é aquele que *sobreviveu*, independente do método que foi usado na sua formação".

A compartimentação dos saberes não começa na universidade, onde apenas se consolida um processo que ocorre a partir da escola primária, e se intensifica sobremaneira na medida em que o estudante avança nas séries do ensino fundamental, e depois, do ensino médio. A esse respeito, Boulding (1990, p.83) afirma que a educação tem privilegiado o pensamento "dedutivo, axiomático e seqüencial", em detrimento de outras formas de apreender a realidade, provocando "certa rigidez do pensamento" e vedando "certos tipos de jogos mentais"[199]. Em outras palavras, um sistema educacional que só enfatiza a *epistéme* prejudica na raiz o desenvolvimento intelectual das pessoas.

Mas a situação geral do ensino é ainda pior, pois nem sequer a *epistéme* é tratada condignamente na escola. Se os alunos "engrolam as fórmulas como papagaios" é porque as aprenderam fora de contexto; não navegaram junto com seus professores pelas múltiplas articulações teóricas de idéias, conceitos e métodos que constituem o verdadeiro conhecimento epistêmico. O que se aprende na escola, via de regra, é o mero formalismo, seja matemático, gramatical, geográfico, e assim por diante; a manipulação fragmentária de textos e símbolos, que não se constitui em legítima teoria. Uma deficiência que se torna ainda mais clara quando se divide os cursos em "aulas teóricas" e "aulas práticas", freqüentemente apresentadas por professores distintos – como se, na vida do profissional, do cientista ou de qualquer cidadão, a separação entre teoria e prática fosse assim tão nítida.

A educação deve fazer o movimento oposto, aproximando ambas a polaridades do conhecimento, teoria e prática, *epistéme* e *tékhne*, como alicerces para o exercício democrático em um mundo de automação. Mais ainda, deve exercitar a *phrónesis*, ou

[199]Presume-se, portanto, que quando ela fala do "autoritarismo que prevalece nas salas de aula do mundo industrializado" (p.83-84), trata-se antes do autoritarismo gnosiológico (que acaba por se manifestar como autoritarismo político).

sabedoria prática, na deliberação dos caminhos mais apropriados aos fins elevados da vida. Paulo Freire afirma que devemos reduzir a distância entre a Universidade e as classes populares (1992, p.193), sem perder o rigor. Inspirado nessa frase, proponho que devemos reduzir a distância entre *o conhecimento* e as pessoas. Por um lado, diminuindo a distância entre o conhecimento acadêmico e as pessoas que a ele não tem acesso, em razão das barreiras de classe; por outro lado, estimulando-as à crítica dos conhecimentos que elas já têm, muitas vezes em estado latente, desorganizados, e permeados de concepções ingênuas (isto é, não questionadas).

Em um mundo de automação, a escola precisa mais do que nunca de uma perspectiva gnoseológica que valorize o contexto, assim como o processo consciente de teorizar para melhor agir, e agir com um olhar crítico sobre os próprios atos e suas conseqüências, a fim de enriquecer a teoria que os fundamenta. Aos educandos, desde cedo, deve ser dado entender que qualquer processo de abstração é arbitrário, na medida em que não existem regras definidas para a seleção dos elementos significativos e não significativos, na passagem do real ao abstrato. Dessa forma, a precariedade do conhecimento humano tornar-se-á familiar, prevenindo a crença cega nos conhecimentos materializados sob a forma de sistemas e dispositivos tecnológicos.

A crescente disseminação dos sistemas cibernéticos altera radicalmente a posição do ser humano perante o conhecimento porque o computador, sob diversas formas, desloca parte do conhecimento humano, "excorporado" e depois "reincorporado" na máquina, sob a forma de procedimentos algorítmicos[200]. Porém, não devemos permitir que o deslumbramento com a complexidade e funcionalidade das máquinas nos faça perder de vista a importância do sujeito cognoscente. Primeiramente, porque as máquinas são concebidas, projetadas, construídas e reparadas por pessoas, ainda que com a ajuda de outras máquinas (que, por sua vez, são concebidas, projetadas,...). Depois, porque apenas uma parcela restrita do conhecimento humano pode ser codificado através dos algoritmos computacionais. Finalmente, porque o ato de codificar e decodificar é inerentemente humano, até certo ponto, arbitrário, e sempre dependente do contexto cultural em que o conhecimento se manifesta.

Por exemplo, quando digo que uma máquina joga xadrez, o que quero dizer, na verdade, é que a máquina é capaz de (1) receber como entrada (*input*) certos símbolos

---

[200]Os sistemas aviônicos e a automação industrial, estudados no presente texto, são apenas dois dos incontáveis exemplos de deslocamento das competências pelo computador.

definidos por seres humanos, representando as posições de um jogo de xadrez, (2) processar esses símbolos de maneira apropriada', definida por um programa, e (3) organizar os símbolos sob a forma de dados de saída (*output*). Contudo, cabe à pessoa que alimentou a máquina, ou a outras, interpretar a saída de dados como jogadas de xadrez[201]. Ainda que a máquina seja capaz de alterar o seu processamento de acordo com os resultados obtidos, parecendo *aprender* a jogar melhor com a *experiência*, não há nela nada que se assemelhe ao aprendizado e à experiência em sentido estrito, que conforme já vimos, se fundamentam na intencionalidade, que falta à máquina. Além disso, já vimos também que tal forma de aprendizado de máquina é na verdade a manifestação de um laço de retroalimentação de segunda ordem, originalmente concebido por um ser humano. Portanto, em última análise, não existe conhecimento nem aprendizado na ausência de agentes humanos, ainda que deslocados no tempo e no espaço, porquanto parcialmente "incorporados" no computador.

O computador pode ser chamado de "ferramenta epistemológica" (Amorim, 2002), mas não porque baste a si mesmo, no ato de conhecer[202], mas porque abre inúmeras possibilidades de reorganização e exploração dos conhecimentos humanos, ou da parcela de conhecimentos que podem ser codificados e processados por meio de arranjos sintáticos, sem conteúdo semântico[203]. A máquina, funcionando autonomamente, pode materializar algo da *epistéme* e algo da *tékhne* "excorporados" de quem a programou ou concebeu. Contudo, não pode manifestar a *phrónesis*, uma vez que, objeto desprovido de um quadro de referências sócio-culturais, não tem bom senso ou deliberação visando o bem-estar humano. O bom senso, ou sabedoria prática, que pode também ser entendida como um refinamento do senso comum, dirige-se ao particular, ao juízo e ao raciocínio das coisas práticas da vida, e portanto não é passível de abstração nos moldes requeridos para a "incorporação" em uma máquina.

---

[201]De fato, o jogo de xadrez se presta bem melhor à metáfora da "sala chinesa" de Searle (2000) do que o problema da tradução de idiomas, originalmente usado pelo autor.

[202]Há argumentos contrários, que colocam o computador em posição de destaque no processo gnoseológico. Humphreys (2004, p. 8), por exemplo, afirma que, com a crescente importância da máquina para os processos de análise e coleta de dados, na pesquisa empírica, tem se observado "um deslocamento da ênfase da atividade científica para longe dos seres humanos". No meu entender, uma perspectiva tão ingênua quanto reacionária.

[203]O contraste entre processamento sintático e conteúdo semântico é um dos argumentos recorrentes em Searle (2000 [1980]; 1994; 1995a; 1997) . De acordo com a farta argumentação de Dreyfus e Dreyfus (1986), Collins (1992a), Dreyfus (1992), e Collins e Kusch (1999), as máquinas não são capazes de incorporar a totalidade dos conhecimentos humanos, e nem tampouco de atualizar, em contexto, os conhecimentos que incorporam sob forma codificada.

É preciso combater o mito e o "discurso sedutor" da inteligência artificial[204], pelo menos enquanto, com essa expressão, pretenda-se significar a possibilidade de substituir a inteligência humana pela máquina. Esse ponto tem conseqüências importantes para a educação, em um mundo de automação, porque uma das distorções da nossa herança cibernética, agravada com o fetiche do computador, é a crença de que podemos arranjar soluções tecnológicas para os problemas humanos, quando, na verdade, precisamos de soluções humanas, mediadas pela tecnologia. Então, precisa ficar claro para os educandos que não podemos esperar que *máquinas inteligentes*, saídas de algum filme de ficção científica, venham resolver os nossos problemas. Também é preciso ficar claro que, por maior que seja a "inteligência" aparente da máquina, ela é fruto de uma certa concepções, de técnicas e de escolhas dos seus construtores e patrocinadores. Ou seja, por trás de toda máquina, por mais autônoma, existem pessoas. Portanto, a crença na possibilidade do conhecimento dissociado dos sujeitos cognoscentes é perniciosa, de por duas razões: primeira, porque é enganosa, levando a expectativas ingênuas em termos do que as máquinas podem fazer. Segunda, porque é alienante, levando à acomodação diante de situações indesejáveis aparentemente criadas pelas máquinas, mas cuja origem é humana, em última análise.

O fascínio pela máquina, assim como a crença ingênua em suas possibilidades, tem raízes profundas. Segundo Dreyfus e Dreyfus (1986, p.132), "a partir do momento em que os gregos inventaram a geometria, a idéia de que toda a *expertise* humana poderia ser reduzida a algum tipo de raciocínio algorítmico[205] fascinou a maioria dos pensadores rigorosos do Ocidente". Nesse percurso, esquecemo-nos, em larga medida, de que o caminho para o conhecimento passa sempre pela intencionalidade, que as máquinas não têm, pelo ato de projetar, do qual elas são incapazes, pelo diálogo, que elas não podem entreter, e pela experiência, que elas não acumulam. Ou seja, conhecer é um ato humano, que nenhum sistema cibernético pode imitar. Além disso, colocar em prática os conhecimentos, efetivamente, exige bom-senso, esse artibuto refratário ao tratamento computacional.

Ao finalizar esta sub-seção, não podemos fugir à consideração dos valores e do caráter, como elementos de base na constituição e na atualização dos conhecimentos humanos em contexto. Se a ação conseqüente é *práxis*, e se toda *práxis* pressupõe o ato de projetar, então toda *práxis* pressupõe a tentativa de tornar palpáveis os valores que nortearam o projeto,

---

[204]A expressão "seductive language of AI" foi-me sugerida pelo Prof. Harry Collins, em comunicação pessoal.

[205]"calculative reasoning", no original.

em primeiro lugar. Porque, quem projeta, o faz p*or alguma razão* (motivação), e p*ara alguma finalidade* (objetivo), condiconados por valores. Logo, ainda que inconscientemente, a escolha de um assunto para pesquisar, assim como a escolha de um campo profissional, são ambas condicionadas pelos nossos valores, que por essa via, norteiam o desenvolvimento e a manifestação das nossas competências.

O problema do caráter, um pouco diferente, diz respeito à direção que damos aos nossos atos. Nesse sentido, o caráter não afeta tanto a capacidade de conhecer ou de realizar, mas os rumos e as razões das realizações humanas. Na busca dos fins elevados da vida, sabedoria prática (*phrónesis*) e virtude moral se complementam, pois "a obra de um homem apenas se concretiza em consonância com a sabedoria prática, bem como com virtude moral; porque a virtude nos faz almejar o que é correto, e a sabedoria prática nos faz escolher os meios adequados" (Aristóteles, 1998, p.155)[206]. Anteriormente, no mesmo texto (1998, p.143)[207], Aristóteles deixa claro que o vício obnubila o juízo da conduta, pois "o homem pervertido pelo prazer ou pela dor" perde a justa noção das causas que o levam a agir[208]. Conseqüentemente, a pessoa de caráter viciosos pode se tornar competente, tecnicamente e cientificamente (os exemplos históricos são numerosos!), mas não em termos de *phrónesis*; na outra via, a *phrónesis* é necessária para plena realização da virtude. "Não é possível ser bom, em sentido estrito, sem sabedoria prática, ou ter sabedoria prática, na ausência da virtude moral" – as virtudes [morais e intelectuais] não podem existir separadas umas das outras (Aristótesles, 1998, p. 158)[209]. Uma conclusão importantíssima para um mundo de automação, onde (1) temos a tendência a instrumentalizar a razão, fazendo da tecnologia a medida de todas as realizações humanas (cf. Postman, 1993) e (2) ao fazê-lo perdemos a dimensão dos riscos e possibilidades que a tecnologia traz.

---

[206]Ética a Nicômaco, Livro VI.12, ed. Oxford: "The work of a man is achieved only in accordance with practical wisdom as well as with moral virtue; for moral virtue makes us aim at the right mark, and practical wisdom makes us take the right means". A tradução do inglês para o português é minha. A tradução brasileira da Martin Claret inicia-se com "a função de um homem apenas é perfeita...", no que, penso, não capta corretamente o sentido da relação entre *phrónesis* e virtude, ou excelência moral.

[207]Ética a Nicômaco, Livro VI.5, ed. Oxford.

[208]Isto é, a fixação extrema na dor e no prazer. Devemos lembrar que, em Aristóteles, o caminho da virtude é o caminho do meio, e o vício, a exacerbação das paixões.

[209]Uma das últimas passagens do livro seis da Ética a Nicômaco.

Na busca por uma posição soberana diante do sistemas cibernéticos que nos próprios criamos, operamos e aperfeiçoamos, **uma visão de conhecimento que integre a questão dos valores é cada vez mais, fundamental**.

6.2 Desafios políticos

Em nosso País, dedicamos às políticas de ciência e tecnologia, pesquisa e desenvolvimento, muito pouco tempo, quase nenhum debate, e minguados recursos financeiros. Na melhor das hipóteses, isso é um erro *casual*, consoante o desprezo histórico das nossas elites pela educação. Na pior das hipóteses, é uma atitude deliberada de governantes, empresários e gestores do capital, rendidos a um projeto que visa perpetuar a dominação dos países centrais, produtores de tecnologia, sobre os países periféricos, fornecedores de matérias-primas e de mão-de-obra a preços aviltados. Ou, talvez seja mais exato dizer, hoje, um projeto de dominação do capital financeiro sobre os recursos naturais e sobre a força de trabalho, em escala mundial, usando os governos como porta-vozes e executores de suas políticas. Nesse contexto, continuamos a importar "problemas e soluções", como alertava Paulo Freire (1979, p.36).

Se a discussão em torno das políticas de ciência e tecnologia é deficiente, a discussão sobre os aspectos políticos e ideológicos inerentes à tecnologia é quase inexistente entre nós, no que fazemos eco à situação internacional, favorável aos raros organismos estatais dos países ricos, e dos cada vez menos numerosos grupos transnacionais que centralizam a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico. Nesse contexto,

> a redução do problema do progresso tecnológico aos aspectos exclusivamente "técnicos", "engenheirais", [...] é exatamente o que convém aos dirigentes dos centros de poder em cada fase histórica porque os deixa sozinhos, sem concorrentes no campo da criação intelectual, podendo além do mais utilizar-se dos recursos em matérias-primas estrangeiras, e até mesmo em talentos nativos, importados a preço vil (Pinto, 2004, p.46).

Nas últimas duas décadas, na medida em que a mundialização da economia ganha força, empresários, meios de comunicação e políticos de diferentes partidos têm nos bombardeado, explicita ou implicitamente, com a idéia de que o principal papel da educação, no Brasil, é estabelecer no País condições atraentes para os "investidores estrangeiros", através da oferta de uma força de trabalho suficientemente escolarizada para atender às atividades de baixo valor agregado, na indústria e no setor de serviços. Assim, o discurso das

elites, antigas ou novas, não contempla os êxitos e as possibilidades do desenvolvimento tecnológico nacional, apoiado no desenvolvimento de competências comparáveis, e em certos campos, superiores, à existentes nos países tecnologicamente mais avançados[210]. Em todos os níveis escolares, do ensino fundamental à graduação, e às vezes nas pós, esse esvaziamento ideológico se manifesta como um lamentável esvaziamento de perspectivas e expectativas[211].

Uma vez que não há projeto nacional, no âmbito tecnológico[212], os alunos cuidam de seus projetos individuais, na melhor das hipóteses acalentando o sonho de que serão *empregáveis* nos poucos postos relativamente bem pagos das empresas transnacionais aqui instaladas. Nos centros universitários de excelência, freqüentemente trabalham, alunos e professores, sob o patrocínio dessas mesmas empresas, adaptando as suas linhas de pesquisa a interesses quase sempre distantes da realidade nacional e regional. Mas, como os postos de trabalho condignamente remunerados e intelectualmente desafiadores são sempre raros, ou fazem isso ou saem do país, para **doar ao estrangeiro os anos de investimento que sobre eles realizou o povo brasileiro, por meio da subvenção ao ensino público**. De resto, fica a possibilidade de ser aprovado em um concurso para provimento de cargos federais ou estaduais, caso em que, com algumas exceções, o pragmatismo vencerá o idealismo, e a acomodação dissipará as propostas transformadoras da juventude. Dessa forma, vamos permanecendo no conjunto das nações que,

> habituadas ao estado de área da exploração alheia, são incapazes de pensar em termos originais novas formas de utilização de seus bens naturais, e de elaborarem outras técnicas, máquinas e objetos para a satisfação humana (Pinto, 2004, v.1, p.46).

---

[210]Nos últimos anos, a Embraer tem oscilado entre o terceiro e quarto postos, no cenário extremamente elitizado da construção aeronáutica, em nível mundial. Contudo, as referências à Emrpesa, na imprensa nacional são raras. Nos dois últimos anos o lançamento das novas famílias de jatos EMB170 e EMB190, com centenas de encomendas “firmes” em todo o mundo, praticamente não encontrou espaço na mídia. Em contrapartida, todas as notícias a respeito do jato gigante A380, do consórcio europeu EADS (proprietário da Airbus), aparecem com grande destaque. Nessa mesma linha, a toda hora somos bombardeados com informações sobre o estrondoso sucesso do agronegócio (onde existe uma defasagem cada vez maior entre o custo dos insumos tecnológicos e o preço de venda do produto bruto), mas sequer somos informados de que a Embraer tem sido há anos uma das grandes responsáveis pelo sucesso da balança comercial brasileira.

[211]Sugiro mesmo, que se façam pesquisas de campo, levantando nas graduações e/ou pós-graduações das nossas universidades públicas, quais são as expectativas dos alunos quanto ao seu futuro profissional, e mais amplamente, qual o seu norte político, e qual o papel dos conhecimentos adquiridos nas sua perspectiva existencial.

[212]Mas há um projeto implícito, das elites nacionais e internacionais: transformar o País em um grande celeiro agrícola, fornecedor de minerais baratos e paraíso tropical para deleite dos turistas e aposentados estadunidenses e europeus.

Em outras palavras, ao renunciarmos à possibilidade de desenvolver tecnologia em bases originais, automaticamente nos submetemos ao jogo de interesses que nos são estranhos.

Ainda que as técnicas usadas na automação sejam, até certo ponto, universais, as finalidades propostas para a automação serão sempre o objeto de deliberação humana. Historicamente, tal deliberação tem sido exclusiva de elites sem compromisso com o bem-estar das massas ou, na melhor das hipóteses, alienadas em uma concepção ingênua de sociedade. Para reverter essa situação – a longo prazo, insustentável – cabe a nós, educadores, ajudar os nossos jovens (e também os não tão jovens) a construir um novo quadro de referências, em que o desenvolvimento tecnológico seja visto como um campo de possibilidades emancipadoras, e não apenas, como tem acontecido, como um dado inqüestionável, um projeto elitista, um conjunto de produções acabadas, que só se constituem sob o beneplácito das mega-empresas. Para tanto,

> o exame do conceito de "civilização tecnológica" [...] tem que começar pela exposição e desmascaramento dos fatores políticos que encobrem à consciência as possibilidades de as nações privadas do poder se pensarem a si mesmas (Pinto, 2004, v.1, p.46).

No atual momento histórico, não basta um discurso de justiça social, tecnologicamente ingênuo, nem tampouco um discurso tecnologicamente informado, mas alienado, politicamente. Como nos alerta Paulo Freire (1992, p.133), em uma visão progressista, não é possível dicotomizar o técnico e o político. Acrescentando que

> nunca, talvez, a frase quase feita – exercer o controle sobre a tecnologia e pô-la a serviço dos seres humanos – teve tanta urgência de virar fato quanto hoje, em defesa da liberdade mesma, sem a qual o sonho da democracia se esvai (1992, p.133).

Mas não podemos crer que a conscientização das pessoas em relação aos condicionantes e desdobramentos da tecnologia possa ser improvisada, por meio de meia dúzia de seminários, e mais uma ou duas disciplinas específicas nos cursos universitários de graduação. Em um mundo de automação, essa conscientização deverá fazer parte do processo educativo ao longo da vida. As crianças tomam contato, cada vez mais cedo, com os objetos técnicos que se multiplicam em toda parte. Portanto, é natural pensar que elas podem (devem), também desde cedo, ser preparadas para compreender tais objetos, e questioná-los, em lugar de simplesmente saber usá-los, ou adotá-los como fetiche. Nesse sentido, os programas de "inclusão digital" que privilegiam o uso instrumental do computador não são

espaços emancipadores, mas reprodutores, pois constituem mero treinamento de habilidades que por si mesmas não modificam a realidade existencial dos educandos.

Para além da escola, no plano da formação profissional, o pragmatismo da reciclagem de trabalhadores para as novas demandas do mercado, sem dúvida necessário, deveria conviver com uma transformação em profundidade da nossa visão tradicional de trabalho. No atual cenário de desenvolvimento tecnológico cada vez mais rápido, levando ao deslocamento de competências e ao desemprego estrutural, os trabalhadores enfrentam um dilema: ou aferram-se ao discurso sindical forjado em momento histórico ultrapassado ou aderem ao pragmatismo que apenas camufla as tensões de classe. Ambos os caminhos são insatisfatórios. A esse respeito, Paulo Freire afirma que

> em lugar da simples acomodação 'pragmática' se impõe às lideranças trabalhadoras a criação de certas qualidades ou virtudes sem as quais, cada vez mais, se torna difícil a elas brigar por seus direitos (1992, p.94).

Espero não distorcer a intenção original do Autor ao supor que, na formação das "qualidades ou virtudes" mencionadas, certamente se combinariam, em doses equilibradas, *epistéme*, *tékhne* e *phrónesis*. Porque já não se pode, no estágio tecnológico atual, aceitar os discursos inflamados, "às vezes de voz trêmula" (Freire, 1992, p.94), vindos de pessoas incompetentes para cooperar com as outras pessoas em ambientes complexos, e incapazes mesmo de compreender o poder emancipador da tecnologia. Precisamos dispensar os **líderes insuficientes** que, interessados na manutenção do *status quo* pessoal e institucional, preocupam-se mais com o poder nominal dos sindicatos do que com as possibilidades reais de construção de uma nova ordem social.

"A prática da técnica conduz à modificação das idéias, podendo alterar as existentes, anulá-las ou introduzir outras, novas" (Pinto, 2004, 321). Logo, da mesma forma que não se pode desconsiderar o quanto a tecnologia é moldada pela estrutura de classes, não se pode ignorar que, impondo-se por meio das mudanças irreversíveis que opera na sociedade, **a tecnologia – e em particular, a automação – é um dos aspectos fundantes de qualquer proposta política progressista**. Nesse sentido, a pergunta urgente já não é mais como garantir aos trabalhadores a permanência nos postos que ocupam, mas como fazer com que o tempo livre, oriundo dos ganhos de produtividade, seja revertido em benefícios para todos. Em outros termos, não se trata de se opor ao poder da tecnologia, mas de se estabelecer

mecanismos para democratizá-lo[213], de modo que se oriente pela satisfação das necessidades sociais[214].

Sob essa ótica, é grande a responsabilidade individual dos profissionais que concebem, constroem e operam o aparato tecnológico da sociedade, porque

> o exercício social da técnica estabelece o fundamento do inevitável caráter ideológico da tecnologia. Sendo assim, o técnico [desde que advertido sobre o assunto] está obrigado a proceder ao exame de suas condições existenciais para submeter a rigorosa análise lógica os condicionamentos que sobre ele incidem, a fim de separar quantos, por serem nocivos aos interesses do povo, estejam sendo cumpridos por ele inadvertidamente, ou aceitá-los, com a correspondente moral se não quiser repeli-los. Como segunda tarefa, impõe-se-lhe a denúncia das sugestões teóricas mal-intencionadas, das pressões econômicas escravizadoras e das repressões a que está sujeito por parte de agentes das tecnologias de dominação, e igualmente a obrigação de empreender a luta, nos campos teórico e prático da tecnologia, para que o país subdesenvolvido rejeite a influência opressora e adquira condições objetivas de produzir sua visão de si, e correlatamente a concepção e o emprego da tecnologia que lhe convém (Pinto, 2004, p.321-322).

Porém, a responsabilidade não é a mesma para todos, pois será tanto maior quanto maior for a sua conscientização do trabalhador a respeito do caráter histórico e social das suas atividades. Além disso, o exercício da autonomia profissional será proporcional à autonomia econômica, pois é mais difícil falar em *escolha* para alguém escravizado pelo sistema de produção instituído, a ponto de não poder optar entre postos de trabalho qualitativamente diferentes, em termos éticos: não se pode cobrar a responsabilidade das denúncias justamente aos trabalhadores mais duramente atingidos pelas "pressões" e "repressões" a que se refere Vieira Pinto, no trecho supracitado. No modelo capitalista vigente, ainda fortemente influenciado pela divisão do trabalho entre os que concebem e os que operam o maquinário produtivo, são estes últimos os que estão em condições mais desfavoráveis para a necessária tomada de consciência. Não porque não tenham competência, mas porque os ambientes empresariais se organizaram de forma a reduzir ao mínimo a sua liberdade de expressão e de escolha. Em termos práticos, os trabalhadores que operam as fábricas, cada vez mais deslocados pela automação, correm o risco de ver desaparecer as suas possibilidades de

---

[213]Há dez anos atrás, em um curso de pós-graduação, tive uma professora auto-proclamada marxista, que nos disse não saber nada de matemática, e nem querer saber, subentendendo-se, nas circunstâncias da fala, o seu total desinteresse pelas ciências formais e da natureza. Já na época, lembro-me de ter pensado o quanto aquela postura a distanciava de um pensamento efetivamente emancipador.

[214]Obviamente, pela satisfação das necessidades básicas de todos, mas também pela apoio à satisfação das necessidades estéticas e emocionais, indissociáveis da condição humana.

sustento digno, tão logo manifestem quaisquer discordâncias em relação às políticas , métodos ou metas de suas empresas.

Contudo, no que diz respeito à tomada de consciência sobre o s processos sociais de exploração, não é muito melhor a situação dos gestores do capital e dos técnicos empregados pelas empresas. Primeiro, porque a automação do processamento de informações fez com que desaparecessem muitos empregos nos níveis intermediários de administração. Segundo, porque, conforme alertava Gorz, há trinta e cinco anos (1996, p.240), "os trabalhadores técnicos e científicos", sujeitos "à divisão capitalista do trabalho", são submetidos ao mesmo regime de "'job evaluation', de controle hierárquico e de parcelamento de tarefas" tradicionalmente imposto aos trabalhadores manuais. Terceiro, porque as "classes médias", das quais os técnicos e gerentes fazem parte, têm sido dominadas pelo fetiche da tecnologia, com o consumo de produtos supérfluos com alto conteúdo tecnológico, em ritmo cada vez mais célere de obsolescência planejada. Com isso, multiplicam-se as suas necessidades, o que mais fortalece o seu atrelamento aos postos de trabalho que as sustentam – favorecendo os processos de coerção e de dominação do capital[215]. Diante desse quadro, mesmo as "greves às vezes originais na indústrias científicas, nas firmas de 'matéria cinzenta', nos grandes laboratórios, etc.", mencionadas por Gorz (1996, p.240), parecem cada vez mais distantes[216].

Cabe mencionar ainda a situação dos profissionais qualificados que trabalham por conta própria, aparentemente menos submissos ao capital, mas na verdade, em situação análoga à experimentada por aquela comunidade de pescadores mencionada por Paulo Freire (1992, p.21) que, por um lado, "se sentiam livres e arrojados, enfrentando o mar, convivendo com seus mistérios", mas, por outro lado, eram "malvadamente roubados, explorados, ora pelos intermediários que compravam por nada o produto do seu labor, ora por quem lhes financiava a aquisição dos instrumentos de trabalho". Situação realmente paradoxal, a dos

---

[215]A alienação tecnófila de uma classe média rodeada de artefatos cibernéticos, consumidos muito mais pelo valor simbólico do que pelo valor de uso, já na década de 1960 foi satirizada de forma brilhante nos desenhos animados dos Jetsons e dos Flintstones. Na mesma linha, lembro-me também de ao menos uma realização notável do cinema, o filme "Mon Oncle", de Jacques Tati.

[216]Embora o caráter alienado dessas "revoltas" das classes médias ainda possa ser observado. A revista Newsweek da terceira semana de agosto de 2006 traz uma reportagem sobre os protestos de estudantes indianos das castas mais abastadas contra as políticas afirmativas para o ingresso, nas universidades, de estudantes economicamente desfavorecidos. No meu dia-a-dia de educador, ouço observações freqüentes contra o sistema de cotas, não fundamentadas em dados empíricos e reflexões aprofundadas (o que seria normal), mas em uma percepção preconceituosa da capacidade das camadas sociais desfavorecidas para os estudos superiores.

trabalhadores autônomos urbanos que, nominalmente livres para escolher métodos e horários de trabalho, e detentores dos próprios meios de produção (equipamentos, computadores, etc.), permanecem na sua maioria presos a condições financeiras desfavoráveis para a aquisição desses meios, e dependentes das empresas de grande porte que monopolizam, em uma ponta, o mercado de insumos, e na outra, o mercado de serviços (por exemplo, na área de tecnologia da informação)[217]. Para muitos profissionais com quem convivo, essa circunstância se traduz em períodos de trabalho dilatados, para compensar os elevados custos de capital e os honorários aviltados a que devem se submeter.

Portanto, quer olhemos na direção doa operários na linha de produção, quer na direção dos técnicos e gestores a serviço direto das empresas, quer na direção dos profissionais liberais, encontraremos pessoas submetidas, por diferentes vias, aos ditames do grande capital, com conseqüências mais ou menos sérias sobre o seu bem-estar e suas possibilidades de realização no trabalho. A fim de que esse problema seja enfrentado, é desejável que ele seja discutido na escola e nos demais foros educativos, a fim de que tanto os professores quanto os estudantes, assim como os trabalhadores, em geral, tomem consciência de que: (1) **as relações de produção instituídas historicamente**, hierarquizadas, autoritárias, centralizadoras, **não são necessárias, mas contingentes**. Na verdade, nem sequer são as mais produtivas, nem mesmo em termos puramente materiais (cf. Gorz, 1996, p.231-232). (2) **a automação deve ser pensada e usada como instrumento de emancipação**. (3) **o deslocamento de qualificações e competências**, com as reestruturações sociais daí decorrentes **é um aspecto inevitável do desenvolvimento histórico dos sistemas produtivos**. (4) **a luta pela emancipação significará, cada vez mais, a luta pelas oportunidades de educação continuada**, e pela possibilidade de participação na produção dos objetos simbólicos que nos humanizam.

Cabe ressaltar que, em um mundo de automação, **a emancipação econômica, política e tecnológica serão três aspectos de um mesmo processo**, no qual a educação contribuirá estabelecendo condições de base, nos planos científico, técnico e de valores. No cerne do desafio político a que se refere o título da presente seção está a compreensão de que as tais

---

[217]No mundo da informática, os movimentos em prol do software livre apontam para a relativa libertação dos profissionais liberais e das pequenas empresas em relação aos grandes fornecedores de software, mas, fundamentalmente, as condições técnicas e mercadológicas para produção e implantação dos sistemas de informação (especialmente a sua base física, o hardware) são ainda estabelecidas pelos grandes grupos transnacionais que dominam o setor.

condições não se improvisam; precisam ser fomentadas, persistentemente, ao longo do tempo, como “esforço de propor aos indivíduos dimensões significativas de sua realidade, cuja análise crítica lhes possibilite reconhecer a interação de suas partes” (Freire, 2005, p.111). Uma educação crítica, portanto, não é apenas uma educação que questiona os modos correntes de organização da produção, mas também aquela que proporciona aos educandos instrumentos conceituais para conceber e reivindicar, em bases sólidas, novos modelos sociais, dentro de um contexto em que a mediação da tecnologia é essencial.

6.3 Desafios pedagógicos

Sob o título “Desafios pedagógicos”, apresento algumas idéias sobre o papel da escola na formação do *ser competente*, em um mundo de automação. Não faço recomendações detalhadas, que estariam em distonia com o caráter exploratório do texto, mas ofereço pontos-de-vista, aponto pistas e sugiro atitudes, na expectativa de contribuir para o debate inadiável sobre a renovação da atividade escolar. Tendo em vista o escopo da Tese, não me aventuro no âmbito das questões orçamentárias, salariais e de planejamento, dentre tantas outras que têm impacto direto sobre o âmbito pedagógico. Por outro lado, faço considerações metodológicas que, acredito, se adaptam convenientemente a cenários sociais bastante diversificados.

Conheço as discussões em torno do correto dimensionamento do papel da escola, a fim de que não se atribuam a ela *poderes* que não possui. Também tenho ciência da penúria material e organizacional da nossa escola pública, que dificulta sobremaneira a evolução das práticas pedagógicas. Ainda assim, insisto em **pensar a escola em um novo patamar**, além dos muros habituais (tanto os metafóricos como os de tijolos). Pensar a escola como um conjunto de núcleos sociais de ensino-aprendizagem, solidários no propósito de proporcionar às pessoas a formação continuada, cada vez mais importante em um mundo de automação. Portanto, uma escola com início definido, mas sem fim previsto, que começa nas salas e jardins da educação infantil e chega aos laboratórios e aos campos de pesquisa do ensino médio e superior, e depois prossegue, fomentando a busca pelo ser humano onilateral (cf. Gadotti, 1995, p.55-60 – ver seção 5.4 do presente texto).

6.3.1 Primeiro desafio: aproximar escola e trabalho

Conheço pessoas muito capazes nas áreas de engenharia e de informática. Constantemente, quando tento debater suas práticas profissionais, ouço frases como “é assim mesmo”, ou “não tem outro jeito”. Foram educados para “dar resultados”, e hoje são pressionados para que os resultados apareçam cada vez mais rapidamente. Por isso têm pressa, e encerram o diálogo, antes mesmo de começar, pois o diálogo é inimigo da pressa.

Mas, se por um lado, os profissionais “técnicos” não se dispõem ao diálogo crítico, devemos reconhecer que as nossas universidades também não estimulam o diálogo franco com o mundo da produção. Em larga medida, são dois espaços estranhos um ao outro, às vezes até mesmo antagônicos. Nas ciências humanas, estudiosos respeitáveis se dedicam à crítica do mundo da produção, na maioria das vezes, sem jamais terem passado por ele, a não ser como pesquisadores, o que lhes proporciona um olhar parcial. Nas engenharias, há intercâmbio, mas visando primordialmente a aquisição de *know-how* por parte dos estudantes, ou a implementação de tecnologias novas na empresa, orientada a ganhos de produtividade. Na essência, não mudam as estruturas de um e de outro “mundo”, que não interagem de verdade, no plano da crítica. Enquanto os departamentos das ciências humanas e sociais vivem quase sempre à míngua, os departamentos “tecnológicos”, de engenharia, computação e administração vão gradativamente se convertendo em extensões dos centros de pesquisa e desenvolvimento das grandes transnacionais, a serviço do capital. A aproximação entre universidade e empresa, estimulada apenas com a finalidade de melhorar o caixa da primeira, enquanto se engordam os lucros da outra não é um modelo novo, e tem gerado mais atrelamento financeiro da primeira em relação à segunda, do que renovação em ambas. Cada vez mais mede-se o sucesso de um departamento de engenharia, não pelo benefício social ou pela qualidade do conhecimento gerado, mas pela quantidade de patentes registradas.

Quando trazemos um engenheiro à sala de aula, em um curso de engenharia, esperamos que ele instrua os alunos e que estes façam perguntas relativas à execução de procedimentos técnicos. Assim também se trazemos uma médica à classe de medicina, ou um analista de sistemas à classe de informática. Eventualmente, serão discutidos os aspectos legais e econômicos da profissão, mas com o olhar sobre o cenário sócio-político-econômico instituído, considerando os ambientes profissionais tais quais se apresentam hoje. Na outra via, quando uma psicóloga, um médico, uma nutricionista, um educador vão até a empresa, supõe-se que eles ali estão para resolver problemas localizados, a fim de que as pessoas

trabalhem melhor. Tanto em um como em outro caso, trocas que podem até ser construtivas, mas que não bastam.

Há que se sair da acomodação, para se pensar as relações entre tecnologia e trabalho por vias originais. Precisamos, sim, trazer os profissionais à escola, rotineiramente, como parte integrante do processo formativo dos novos profissionais. Melhor ainda, precisamos trazer todo tipo de profissional à escola, desde o ensino fundamental. Mas que as discussões daí decorrentes tenham como objeto não só conhecimentos, técnicas e procedimentos, mas sobretudo as razões pelas quais as técnicas e procedimentos se apresentem da forma como se apresentam, e por que certas formas de conhecimento têm primazia sobre outras[218]. Precisamos de perguntas como:

– Poderia ser diferente?

– E se as coisas funcionassem de tal ou qual maneira?

– O que fazer para democratizar esse ou aquele procedimento, esse ou aquele serviço, esse ou aquele produto, que hoje só beneficiam o rico?

– Quem manda nas empresas, por que manda, e de que meios se utiliza para se fazer obedecer?

– Quem obedece, e por que obedece?

– Que benefícios a automação tem trazido à profissão e ao público? E os prejuízos?

– Que competências temos desenvolvido, e que competências temos deixado para trás?

E outras tantas perguntas, do mesmo tipo, radicais, capazes de despertar a crítica do ambiente econômico e político instituído, como primeiro passo para se pensar autonomamente naquilo que se deseja para o futuro. Não com exercício estéril de utopia, mas como proposta transformadora das mentalidades daqueles que, uma vez saídos da escola, deveriam deliberar sobre os caminhos da produção e das profissões, e não somente atender às demandas de um “mercado de trabalho” orientado pelos interesses de uma minoria. Mas, há dificuldades nessa proposta, que precisamos reconhecer. A começar pela disponibilidade dos profissionais, pois são poucos os que têm autonomia e independência suficientes para discutir abertamente os caminhos da sua profissão, sem sofrer represálias por parte das empresas em que trabalham

[218]Não sou dos que defendem a tese de que qualquer tipo de conhecimento vale à pena. De fato, acho que algumas formas de conhecimento devem ter primazia. Mas, mantendo-me coerente com as posições defendidas no decorrer do texto, acredito que devemos ter consciência das nossas crenças e práticas, inclusive no campo profissional. Então, o conhecimento que as orienta deve ser objeto de escrutínio constante.

(na prática, apenas os que são servidores públicos, e poucos além desses). Outros, embora não temam as represálias, estão eles próprios a serviço dos poderes instituídos, portanto, não têm interesse em questioná-lo[219]. Por fim, há os profissionais que, de tão reconhecidos nas suas áreas de atuação, e de tão convencidos dos seus saberes e práticas, não dialogam, apenas monologam. Por mais competentes que sejam, não são os tipos ideais para debates críticos. Diante dessas possibilidades, ao adotar a o diálogo entre estudantes e profissionais como rotina, precisaremos: (1) Despertar previamente o interesse dos alunos para questões que não são "práticas", por não tratar de técnicas e dicas imediatamente aplicáveis. (2) convidar profissionais suficientemente autônomos e independentes, e interessados em debater a fundo as condicionantes e os resultados do seu trabalho. (3) estimulá-los ao diálogo, evitando que assumam em relação aos estudantes, uma posição unilateral (4) impedir que a sua fala se transforme em mera propaganda das empresas em que trabalham ou dos produtos que representam.

O aprendizado que se pode obter com a aproximação dos profissionais para o diálogo crítico na escola é radicalmente diferente do que se espera com a forma tradicional de intercâmbio, que se caracteriza pelos estágios e visitas dos estudantes aos locais de produção. O ambiente da escola deve, ou deveria, ser um espaço excelente para o diálogo, dentro de um projeto pedagógico bem definido. As fábricas, escritórios, hospitais e canteiros de obras, por outro lado, têm o seu próprio ritmo e suas próprias prioridades, difíceis de alterar, sem perturbar. Além disso, o profissional imerso no seu local de trabalho cotidiano estará provavelmente inibido, e certamente absorvido pela rotina e, portanto, mais disponível para falar e mostrar as coisas como são, do que para discutir como elas poderiam ser. Francamente, nunca vi um estudante sair de um estágio com uma visão profissional ou social renovadora.

Nas empresas, os chamados trabalhadores "intelectuais" mandam, e os trabalhadores "operacionais" obedecem. Estabelece-se, dessa forma, o que Lojkine (2002) chamou de "diálogo impossível entre mudos e cegos": o trabalhador, na linha de frente, enxerga, mas não tem voz. O executivo tem voz, mas não enxerga. Um estado de coisas contraproducente, que congela as competências individuais, em prejuízo do desenvolvimento das competências

---

[219]Na medicina, por exemplo, não são poucos os profissionais atrelados às empresas fornecedores de equipamentos e insumos para procedimentos diagnósticos e terapêuticos. Por certo, não são os mais indicados para questionar os rumos de uma prática médica crescentemente automatizada, cara, porém ineficaz em termos de saúde pública. Da mesma forma, qual o engenheiro de processos disposto a questionar o impacto social e econômico dos sistemas que ele próprio implanta, a serviço das multinacionais da automação industrial?

coletivas. Além disso, obsta o exercício da sabedoria prática (*phrónesis*), que só se atualiza através do diálogo, que resulta no entendimento entre as pessoas engajadas em um procedimento ou uma realização qualquer. Para mudar essa situação, precisamos trazer os trabalhadores à escola, e levá-la até eles, independentemente de hierarquia ou função, para que desenvolvam, em colaboração com os estudantes e professores, a capacidade de ver, falar e ouvir. Nesse sentido, os cursos de aperfeiçoamento profissional tradicionais não ajudam muito, pois reforçam a divisão de trabalho tradicional, ao agrupar os alunos de acordo com os estratos profissionais vigentes[220]. Daí a importância de fazer da escola – em todos os níveis, deve-se enfatizar – um campo de diálogo continuado e aberto, entre professores alunos e trabalhadores[221], de um modo geral.

Com Paulo Freire, precisamos compreender que "a capacitação técnica é mais do que o treinamento, porque é busca de conhecimento, é apropriação de procedimentos" (1977, p.88). Uma proposição que se torna tanto mais atual quanto mais os sistemas produtivos incorporam a evolução da cibernética, requerendo dos trabalhadores a compreensão sistêmica das suas ações, tanto no âmbito propriamente técnico, como no âmbito político. Uma demanda algo desafiadora, mas ao mesmo tempo, prenhe em possibilidades emancipadoras[222]. Contribuindo para trazer à tona essas possibilidades, a aproximação (diríamos, identificação) entre a escola e o trabalho contribuirá para a superação de um período histórico em que "ensino e produção, formação e trabalho foram separados porque a teoria e o conhecimento estavam separados da prática, o operário separado dos meios de produção, da cultura e da sociedade civil" (Gorz, 1996, p.247).

6.3.2 Segundo desafio: ensino-aprendizagem como pesquisa

Na presente sub-seção, retomo uma proposta anteriormente desenvolvida no artigo "Beyond Algorithm Thinking" (Amorim, 2005): a de **que a escola, em todos os níveis, se aproxime daquilo que entendemos como um ambiente de pesquisa**. Um ambiente onde

---

[220]Ainda que, em teoria, certos cursos de gestão preguem o diálogo, a participação, a aproximação entre conhecimento e prática, etc. A verdade é que nunca se viu um operário em uma turma de MBA, ou um executivo da construção naval em um curso para metalúrgicos.

[221]Todos os trabalhadores, inclusive os dirigentes.

[222]Além de Vieria Pinto, a quem nos temos referido constantemente, Lojkine (2002) também adota como uma de suas teses centrais a potencial emancipador dos sistemas cibernéticos, através da pressão que exercem sobre os modos tradicionais de divisão do trabalho.

haja mais perguntas e menos respostas definitivas, mais criação e menos repetição, mais envolvimento e menor distanciamento, mais motivação e menos tédio. Um ambiente onde se tolere, e até mesmo se estimule a discussão das prováveis incoerências, falhas, lacunas e imprecisões nas informações e raciocínios do professor e dos livros-texto[223]. Ou seja, o oposto da educação “bancária” (Freire, 2005), na qual se espera que os alunos, uma vez convenientemente “programados”, executem automaticamente inúmeros exercícios repetitivos e puramente abstratos, pois essa é a senha para o seu sucesso nas avaliações.

No texto mencionado acima, discuti longamente como a escola tem enfatizado o ensino baseado regras e procedimentos, que se assemelha à programação de computadores, com os alunos no lugar das máquinas, os livros-texto no lugar dos manuais e os professores no papel de programadores. Essencialmente, praticamos ainda a educação bancária – embora, nas escolas mais ricas, com o requinte tecnológico dos computadores, lousas eletrônicas e sítios de pesquisa na Internet. Assim, gradativamente vamos dilapidando o potencial intelectual das crianças e jovens, “domesticando-os”, transformando-os em “autômatos”[224], incapazes de pensar com originalidade, de produzir conhecimento, e de usar o conhecimento de forma contextualizada. **A educação bancária**, enquanto opção política (consciente ou inconsciente) **se traduz em um modelo de ensino-aprendizagem algorítmico**. Em oposição a esse modelo, Collins (1992b, p.57; 161-167) sugere um modelo de “aculturação”[225] , que, para melhor adaptação ao nosso idioma, chamarei simplesmente de modelo cultural de ensino-aprendizagem.

> [O modelo algorítmico] baseia-se em uma noção de conhecimento como um conjunto de instruções formais, ou fragmentos de 'informação', sobre o que fazer em uma variedade de circunstâncias. Esse modelo vê o conhecimento como o tipo de informação que permite a um computador realizar as intenções de seu programador [...] [O modelo cultural] vê o conhecimento como sendo semelhante [a um conjunto de habilidades sociais], ou pelo menos baseado em um conjunto de habilidades sociais Collins, 1992b, p. 57).

No modelo cultural, portanto, o conhecimento atualiza-se em contexto, por meio da interação entre agentes cognoscentes. Sedimenta-se sobre um conjunto de habilidades e

---

[223]Esta última, uma idéia levada ao extremo por Postman (1996, p.117-118). Ele propõe que uma parte do conceito atribuído aos alunos seja proporcional ao rigor com que eles forem capazes de assinalar e corrigir os erros do professor. E para “evitar o torpor que é tão comum entre os estudantes”, ele propõe a inclusão proposital e eventual de absurdos, na exposição da matéria.

[224]“domesticação” e “autômato” são termos usados por Paulo Freire (2005, p.70).

[225]“Enculturational model of learning”, no original.

pressupostos que, à semelhança do Background, em Searle, não são redutíveis a heurísticas, regras ou procedimentos algorítmicos. Sob essa ótica, ensinar significa sobretudo compartilhar experiências, falar daquilo que se conhece a fundo, exemplificar o que se sabe fazer, sugerir caminhos, avaliar caminhos, criar em conjunto com os aprendizes. Aprender, então, significa, ouvir *ativamente* (o que significa criticamente), seguir exemplos, selecionar caminhos, realizar, comunicar resultados, recomeçar. Em uma palavra, o ensino-aprendizagem, no modelo cultural, é uma atividade de pesquisa – sem que isso signifique a obtenção de resultados altamente originais. Os resultados serão importantes como degraus representativos do processo de evolução intelectual dos aprendizes e, espera-se, também dos professores.

Sugiro que, gradativamente, deixemos de pensar em termos de ensino e pesquisa, como atividades separadas em momentos separados da vida escolar, para pensamos no ensino-como-pesquisa, em um *contínuo* de desenvolvimento de competências em regime de co-intencionalidade. A relação entre professor e aluno será, portanto, uma relação entre mestre a aprendiz, ora apoiada nas conquistas da ciência e da tecnologia, no que se diferencia do passado renascentista ou medieval, mas ainda ancorada na observação, no diálogo, na cooperação visando um objetivo comum. Uma relação onde o desenvolvimento das competências individuais se faça em um contexto de realização de competências coletivas.

Em um mundo de automação, como já vimos, o trabalho cooperativo se nos impõe através de instrumentos mediadores cada vez mais sofisticados, como são os autômatos. Por isso, a vigilância epistemológica, o entendimento das relações de causa e efeito, a co-intencionalidade, a atenção ao contexto, o gosto dos detalhes são hábitos que crescem em importância a cada dia, particularmente no mundo da produção, mas também nas nossas relações cotidianas com os autômatos, em âmbitos diversos. Hábitos que se desenvolvem no ensino-como-pesquisa, em um modelo cultural de ensino-aprendizagem, não no modelo algorítmico.

No fundo, todo aprendizado que serve à humanização é aprendizado-em-contexto, e a pesquisa é importante justamente por propiciar as condições para que esse aprendizado aconteça, sistematicamente, a partir das conquistas anteriores do engenho humano. Analogamente à comunicação com o mundo do trabalho, o ensino-como-pesquisa é uma forma de aproximar a sala de aula do “mundo real”, ou seja, dos espaços concretos onde os conhecimentos são produzidos, as idéias são concebidas, as prioridades são determinadas. O

oposto, a sala de aula voltada somente para abstrações, nos afasta de tudo isso, e ao fazê-lo, nos despolitiza, porque, em um mundo de conhecimentos codificados, fora de contexto, não existem as dificuldades práticas, os dilemas éticos, os jogos de interesses ou as disputas ideológicas que são parte integrante da ciência e da tecnologia.

Mas, ainda que considerássemos apenas a questão cognitiva, teríamos que descartar o modelo algorítmico, dada a sua insuficiência. Esse ponto pode ser ilustrado pela análise de um exercício retirado de um livro-texto clássico da física[226]:

> Um avião a jato de alta performance, praticando manobras de desvio de radares encontra-se em vôo horizontal 35 m acima do nível do solo plano. De repente, o avião encontra um terreno que se eleva suavemente à taxa de 4,3º, muito difícil de perceber. Quanto tempo o piloto tem para fazer a correção, de modo a evitar que o avião colida como solo? A velocidade do avião é de 1.300 km/h (Halliday, Resnik and Walker 1993, p.36).

Pois bem, suponhamos que o que se espera do estudante é o cálculo da distância da posição presente do avião até o ponto em que o terreno inclinado atinge 35m de altura, e depois, o cálculo do tempo necessário para o avião chegar a esse ponto. Com um pouco de trigonometria e duas ou três operações aritméticas chegamos ao resultado de 1,3s. Contudo, esse é um raciocínio imperfeito em vários aspectos. Primeiro, 1,3s seria o instante de impacto, em que o piloto já não poderia mudar o curso do aparelho. Depois, a uma tal velocidade, o tempo necessário para corrigir o curso é altamente dependente do modelo do avião (sua manobrabilidade) e sua carga, incluindo o combustível restante, que obviamente são detalhes que os autores do livro desejam abstrair (mas, a rigor, não poderiam). Além disso, a pergunta feita é ambígua. O que devemos entender por “tempo que o piloto tem para fazer a correção”? O tempo que ele tem para perceber o problema, o tempo que ele tem para começar a reagir ou o tempo em que ele deveria completar todas as operações necessárias?

O exercício, da forma como está posto, poderia ser resolvido substituindo-se o avião por um ponto sem massa, o terreno e o ar por um fundo bidimensional e a questão original por esta: “Em quanto tempo o ponto colidirá com a linha inclinada, abaixo?”. Isso mostra que não temos propriamente um “problema”, mas um cenário completamente artificial, fruto da tentativa de aproximar a teoria do mundo real, sem contudo aceitar o ônus do esforço didático essencial a essa aproximação.

Mas justamente, não existem regras definidas para a abstração; esse é um dos talentos humanos essenciais que as máquinas não podem imitar. Um talento que se desenvolve na

[226]A análise que se segue é adaptada de Amorim (2005, p.8)

prática, analisando a fundo os problemas, e não por meio dos *gabaritos mentais* a que os alunos, desde muito cedo, são forçados a se adaptar, sob pena de serem punidos com notas baixas. Que a capacidade de abstrair é uma competência essencial, não resta dúvida. Mas, em um mundo de automação, onde o número de pessoas que projetam, constroem e trabalham com autômatos é maior a cada dia, saber o que abstrair, quando abstrair e por que, é um fator crítico para o pleno exercício das responsabilidades profissionais.

Collins (1992b, p.161) assinala que a prevalência de currículos cheios de certezas e vazios em problemas faz com que os alunos ingressos na "pesquisa real", fiquem "traumatizados", ao perceber o quanto lhes falta em termos das habilidades essenciais ao pesquisador, particularmente, a de lidar com "complicadores"[227]. Ele acrescenta, ainda, que para o cidadão em formação, o modelo de ciência ensinado na escola, atrelado a "certezas rígidas", é perigoso para a democracia, e também para o futuro da ciência, a longo prazo, pois coloca o cidadão em uma posição, ou de aceitação passiva da ciência, tal como se apresenta, ou de rejeição sem bases racionais. Problemas que poderiam ser minimizados se, por meio do ensino-pesquisa, ao longo dos anos, os alunos aprendesse,m que a ciência é um empreendimento humano da maior relevância, não obstante falível e incompleto, que nos dá resultados importantes, não obstante, provisórios.

Na construção da cidadania, o ensino-como-pesquisa será importante por habituar os estudantes a **pensar em termos sistêmicos**, e ao mesmo tempo, **integrar pensamento e ação-em-contexto**, de forma que a sua participação política e social seja mais consciente e conseqüente. Não nos podemos esquecer de que algumas das decisões políticas mais cruciais das quais devemos participar referem-se justamente às relações entre tecnologia, trabalho e meio-ambiente. Mas, dificilmente pode-se esperar uma participação esclarecida de pessoas acostumadas a repetir fórmulas prontas durante toda a vida, e que passaram pela formação escolar mantendo sempre com o conhecimento a mais superficial das relações[228].

O ensino-como-pesquisa é importante também para fundamentar a formação de profissionais competentes para lidar com a complexidade crescente dos sistemas cibernéticos, compreendendo-os nos seus princípios lógicos e técnicos. Profissionais capazes de ir ao

---

[227]Minha interpretação da palavra "trouble" no contexto em que foi usada, com sentido ligeiramente diferente do nosso "problema".

[228]Nesse sentido, é estarrecedor o despreparo epistêmico e técnico da maior parte dos políticos profissionais, que a rigor, nunca foram profissionais (efetivos) em nenhum campo da atividade produtiva, seja material ou simbólica.

âmago dos problemas, e mais, de perceber os problemas nos ambientes de cooperação humano-máquina, antes que seus efeitos se tornem inevitáveis. É justamente o oposto da acomodação intelectual que muitas vezes, como já vimos, leva à passividade e à perplexidade diante das ações e reações da máquina, com efeito às vezes catastróficos.

Por fim, cabe observar que o ensino-como-pesquisa, aqui proposto, não implica necessariamente em laboratórios sofisticados, com equipamentos e insumos caros. Na verdade, o modelo tradicional de separação entre sala de aula e laboratório já é, por si só, comprometedor, porque perpetua a separação entre *epistéme* e *tékhne*. A idéia, portanto, é a de que a sala de aula seja, sempre, um ambiente de experimentação, anotação de resultados, discussão crítica, cotejamento entre a teoria e os dados da experiência. Experimentos simples, com material barato, podem ser realizadas, em diferentes níveis de sofisticação[229]. Naturalmente, desejamos escolas bem-equipadas, e não seria razoável fazer a apologia da precariedade. Por outro lado, também devemos evitar a tentação de nos escorar na falta de recursos materiais como justificativa para a manutenção de métodos de ensino intelectualmente castradores, e comprovadamente ineficientes[230]. Além disso, é preciso ter em mente que o fetiche da tecnologia muitas vezes acaba sendo um empecilho para o desenvolvimento do trabalho educacional, porque alunos e professores às vezes acabam se concentrando mais nos meios do que nos objetivos pedagógicos. Penso que realmente precisamos de muito mais tecnologia, e em especial, de muito mais cibernética na escola, mas como objeto de estudo, e não tanto como instrumentos educativos. Na próxima sub-seção, detalharemos esse assunto.

6.3.3 Terceiro desafio: a tecnologia no currículo

Consoante a sua perspectiva de educação como caminho de emancipação, Freire afirma que é

---

[229]Cuidando-se para evitar aquilo que Collins (1992b, p.168) chamou de “self-imposed stage management”, isto é, uma situação em que os estudantes enviesam os experimentos, de modo que seus resultados coincidam com o com os resultados canônicos dos livros-texto. Por exemplo, em um experimento sobre os estados da matéria, os estudantes tenderão a anotar que a água sobre o fogo, no recipiente sob sua observação, ferve a 100ºC, que é o valor que está nos livros, quando na verdade, a temperatura real de fervura depende da altitude, umidade do ar, pureza da água e assim por diante.

[230]Nesse sentido, vale lembrar que com simples “computadores de papel” (Tenório, 1991) podemos apoiar a pesquisa em torno de tópicos fundamentais da computação, apenas para citar um exemplo.

> fundamental para nós, hoje, mecânicos ou físicos, pedagogos ou pedreiros, marceneiros ou biólogos é a assunção de uma posição crítica, vigilante, indagadora, em face da tecnologia. Nem, de um lado, demonologizá-la, nem, de outro, divinizá-la (Freire, 1992, p.133).

Portanto, conhecer a máquina não é apenas um meio de profissionalizar-se (embora também o seja), mas igualmente, uma forma de postar-se diante dela como um agente transformador. Ignorá-la, ao contrário, é um dos caminhos para a passividade diante do poder instituído, materializado sob a forma de autômatos a serviço do grande capital.

A presença de conteúdo crítico nos currículos das ciências exatas é muito tímida, e precisa ser ampliada. Na via oposta, o conteúdo tecnológico nos currículos das ciências humanas também deixa a desejar. É necessário que se encontrem meios urgentes para que a interdisciplinaridade deixe de ser apenas um discurso e um objetivo difuso, para se transformar em força emancipadora concreta. Que deixe de ser apenas mais um recurso dos grandes laboratórios de pesquisa, para se tornar um hábito, em todos os níveis institucionais de ensino-aprendizagem.

A cada dia que passa mais se fala na necessidade de se introduzir a tecnologia na escola, como ferramenta pedagógica. Entretanto, nada se diz sobre a necessidade de se introduzir a tecnologia como um campo de estudo interdisciplinar. Por exemplo, não se estuda o automóvel, enquanto objeto historicamente constituído, o que é surpreendente, tendo em vista o impacto exercido por ele na sociedade. Analogamente, considerando o impacto social da informática, na atualidade, é impressionante que a inserção social dos computadores, autômatos e sistemas cibernéticos, em geral, não seja um assunto curricular, tanto no ensino médio como no ensino fundamental.

Antes de aparecer na escola como instrumento de ensino-aprendizagem, **o computador** deveria aparecer **como enigma a ser desvendado**: uma criação humana recente e revolucionária, uma máquina que objetiva funções abstratas, reflexivas, do cérebro, e não apenas funções cerebrais ligadas à atividade da mão (Lojkine 2002, p.63-64); um objeto cuja inserção social é um tanto quanto problemática. Entretanto, o computador é cada vez mais naturalizado como equipamento de ensino, de trabalho e de lazer. Por conseguinte, temos uma máquina única, que influencia de modo original e abrangente as relações sociais, relegada à banalização no currículo, porque, tornada lugar-comum, nem como objeto de curiosidade encontra lugar. Mas, se desejamos formar pessoas competentes para lidar com máquina, é necessário que o desenvolvimento da cibernética encontre na educação um olhar de

estranheza que, opondo-se à alienação ética, estética e prática, permita ao educando compreender que os sistemas computacionais apresentam-se sob determinadas faces dentre muitas outras possíveis, e que portanto nada têm de acabado ou definitivo[231].

A escola é um campo apropriado para a discussão da automação, em sentido amplo, contribuindo para desenvolver nas crianças e jovens a autonomia intelectual necessária para que, posteriormente, sintam-se motivados a criar soluções tecnológicas originais e contextualizadas. Alhures (Amorim, 2001, p.10), afirmei que

> Ao término do ensino médio, os estudantes deveriam estar aptos a explorar os horizontes largos abertos pela computação, livres dos antropomorfismos e das expectativas irrealizáveis. Em lugar de treinamento, a educação deveria oferecer lógica e entendimento, ajudando os estudantes a desenvolver a competência, a vontade e a deliberação de dominar o computador para benefício da humanidade.

No mesmo texto, sugeri que o computador seja estudado na escola sob seus aspectos epistemológico, tecnológico humanístico. Hoje, com um olhar mais abrangente sobre a questão, amplio a sugestão anterior, observando que cabe estudar os sistemas cibernéticos, em geral, dos quais as diversas modalidades de computador são as componentes centrais.

Precisamos explorar a articulação entre a tecnologia e os outros aspectos da cultura, nas diversas disciplinas escolares, incluindo história, geografia, filosofia e sociologia. Consideremos, por exemplo, o tremendo papel que as novas tecnologias desempenharam na II Grande Guerra, e ao qual os livros-texto não costumam dar mais do que uma atenção marginal. Uma lacuna grave, sobretudo se lembrarmos que foi a partir dos desenvolvimentos tecnológicos impulsionados pelo conflito que se acelerou a afirmação de determinado padrão de dominação capitalista, que até a década de 1930 vinha se impondo mais lentamente[232].

Com relação à história recente do Brasil, um dos tópicos candentes seria o já mencionado desenvolvimento da indústria aeronáutica; outro, os caminhos e descaminhos dos projetos de combustíveis alternativos, que permaneceram em suspenso até que se tornassem suficientemente atraentes para as grandes transnacionais do petróleo e dos automóveis, em

---

[231]Embora os computadores sejam construídos com base em um formalismo que impõe certas necessidades lógicas, a forma e as funções por meio das quais eles se apresentam são contingentes, pois decorrem de um processo histórico que poderia ser diferente.

[232]Uma das primeiras aplicações dos sistemas cibernéticos eletro-eletrônicos foi o sistema de navegação das bombas V-2, já mencionadas em nota anterior. Já o computador eletrônico digital teve o seu desenvolvimento acelerado durante a Guerra devido às possibilidades de aplicações no projeto de armamentos, cálculos balísticos, planejamento de operações (via pesquisa operacional) e decifração de códigos secretos, entre outras.

virtude do colapso energético que se anuncia para os próximos anos. A esse respeito, vale lembrar que os automóveis capazes de usar álcool e gasolina misturados, em qualquer proporção, só o fazem devido a um sistema de ignição e injeção de combustível totalmente computadorizado. Na escola, várias questões pertinentes poderiam ser discutidas, tanto em nível técnico quanto em nível sócio-econômico e político: Como funciona o sistema e quem detém a tecnologia (e as patentes)? Ela poderia ser diferente? Por que mistura entre álcool e gasolina? Seria melhor usar apenas com o álcool? Qual é a política para produção de combustíveis alternativos, no Brasil? A produção deve ser descentralizada, ou seria melhor centralizá-la, em plantas industriais de grande porte?

Em um momento em que se fala tanto de problemas ambientais e de crise energética, por que não estudar, na escola, a contribuição potencial da automação para o uso racional dos recursos naturais? Afinal, um dos principais indicadores do desenvolvimento tecnológico real é a possibilidade de se alcançar maior bem-estar humano, com um mínimo de pressão sobre a biosfera – aspectos da vida entrelaçados, por assim dizer, nos planos ético e estético. Sob essa perspectiva, a inserção da tecnologia da automação humaniza o currículo, por diversos caminhos: (1) mostrando que não há atividade tecnológica sem impacto social e ambiental; (2) apresentando a tecnologia como instrumento a serviço do desenvolvimento sustentável; (3) situando a automação no plano das opções políticas, fundamentadas, inconscientemente ou deliberadamente em uma certa visão de natureza e de sociedade.

Há mesmo questões prosaicas, envolvendo a automação, que podem se tornar profundamente atraentes, para as discussões na escola. Por exemplo, os elevadores prediais, que, em linhas gerais, se apresentam em quatro níveis tecnológicos distintos. Primeiro, aqueles que são completamente manuais, e requerem a presença de um operador humano para determinar todos os seus movimentos e paradas. Segundo, os que dispensam o operador humano, atendendo automaticamente às chamadas de dentro e de fora da cabine, determinando as subidas e descidas por meio de circuitos eletromecânicos. Terceiro, aqueles que substituem os circuitos eletromecânicos por circuitos eletrônicos, mais compactos e confiáveis mantendo, porém, uma lógica elementar. Quarto, os elevadores "inteligentes", dotados de microprocessadores programados para tornar o atendimento às chamadas o mais eficiente possível, de acordo com os parâmetros requeridos pelo cliente, geralmente oscilando entre o atendimento mais rápido aos usuários e a maior economia de energia elétrica. Além das questões mais evidentes, sobre o funcionamento lógico dos elevadores (um assunto

belíssimo para a matemática!) e a natureza dos circuitos (ótimo para a física e a química!), o estudo dos elevadores inspira várias outras, de cunho econômico, social, e até mesmo ambiental. Por exemplo, para onde vai o ascensorista, uma vez que seu trabalho deixa de ser necessário? Quantas são as empresas que detém a tecnologia de elevadores inteligentes[233]? Existem patentes, nessa área? Quais? Qual seria a economia de energia elétrica, se todos os elevadores de prédios comerciais de grande porte se tornassem "inteligentes"? O que isso significaria, em termos de investimentos em transmissão e distribuição de energia elétrica? E em termos ambientais?[234] Aos alunos de finanças, podemos sugerir que façam um estudo de viabilidade sobre a implantação de um novo sistema de elevadores; aos de eletrônica (física), que projetem, e/ou implementem os circuitos de controle; aos de computação (matemática), que projetem diferentes algoritmos, para avaliar qual obtém maior eficiência; aos de geografia, um mapeamento aproximado do potencial de automação em uma dada região da cidade, e assim por diante.

De fato, as possibilidades de inserção da tecnologia, em geral, e da cibernética, em particular, no currículo, são atraentes e estimulantes para a imaginação de alunos e professores; são também dinâmicas, pois se atualizam com a própria atualização tecnológica, refletida no dia-a-dia de todos. O que precisamos compreender, agora, é a urgência dessa abordagem, a fim de que imagem da tecnologia como fetiche de consumo e como substituta do ser humano seja substituída, na consciência dos educando, pela imagem da tecnologia como criação humana, fundamentada logicamente, e materializada de acordo com condicionantes econômicas, políticas e sociais.

6.3.4 Quarto desafio: escolas por toda a vida

No Brasil, até meados da década de 1980, cursar uma boa faculdade, na área tecnológica, ou uma boa escola técnica, era sinônimo de um futuro profissional promissor. Hoje, ao contrário do que os meios de comunicação insistem em afirmar, uma boa escola não garante o futuro profissional de ninguém. Já uma má escola, ou uma escola medíocre, nem

---

[233]Tecnologia que, em essência, é bastante acessível. No momento em que teermino este texto, dois orientandos meus, graduandos em Ciência da Computação, estão finalizando um trabalho em que simulamos o desempenho de diferentes sistemas de elevadores em um prédio residencial: um sistema automático, porém "burro", e outro, "inteligente", baseado em uma técnica conhecida como lógica nebulosa, ou difusa (*fuzzy logic)*.

[234]Questões que podem ser estendidas a outros aspectos da automação predial, tais como o controle computadorizado dos condicionadores de ar centrais.

sequer garante a integração do egresso no mundo do trabalho. Sendo assim, a falta de compromisso dos estudantes com a escola, de que nós professores tanto nos queixamos, tem as suas razões práticas. Até certo ponto, não é sem sentido pensar que, se o aluno não enxerga perspectiva naquilo que a escola lhe proporciona, ele manda "o sistema e a escola à merda", para tentar outros caminhos (Gorz, 1996, p.246)[235]. **Devemos, pois, responder ao desafio de ajudar os estudantes a sentirem que a escola – em todos os níveis – é uma componente importante do seu futuro (e também do seu presente!)**, apesar da conjuntura desfavorável, em termos de empregabilidade. Podemos mostrar-lhes, por exemplo, que ao debater as formas atuais e as formas possíveis de organização social, os usos correntes e os usos sonhados da tecnologia, a escola pode ajudar a construir dias melhores. Dessa forma, trazer à escola um espírito emancipador, que será também um espírito empreendedor, assim entendido como a disposição em investir tempo e energia em prol dos objetivos pessoais e sociais entendidos como mais relevantes. Ou seja, conceber utopias, debatê-las, e empreender as mudanças almejadas no cenário social, também a no âmbito da própria escola, e a partir dela. Nesse caso, caminharíamos, em um círculo virtuoso: a escola ajudaria as pessoas a melhorar de vida, e por isso, as pessoas acreditariam mais na escola. Acreditando mais, dariam mais de si mesmas, e a escola se tornaria ainda mais efetiva como força transformadora.

Movimento óbvio em tese, difícil na prática, pois os obstáculos políticos e culturais a vencer são enormes. Mas, é preciso partir de algum ponto, ou então nos acomodarmos de vez a uma perspectiva fatalista, de uma escola elitista e cruel, à imagem de "O Admirável Mundo Novo" (Huxley, 1965), em que o imobilismo das hierarquias sociais, os elementos para o "sucesso" ou a subordinação cega, são programados nos indivíduos, desde antes do nascimento. Se almejamos transformar a realidade por meio da educação, devemos ter em mente que o investimento dos jovens na sua própria formação não vai se intensificar, enquanto continuarmos pregando a mudança social, e ao mesmo tempo usando os mais avançados recursos tecnológicos, dentro e fora da escola, para deixarmos tudo como está: o mesmo desemprego, o mesmo autoritarismo, o mesmo desalento, o mesmo cenário de exclusão e de concentração de renda, as mesmas instituições desacreditadas.

---

[235]Gorz fala especificamente dos jovens matriculados nas escolas técnicas e profissionais superiores, no contexto europeu dos anos 1960-1970, onde havia emprego, mas dentro de um modelo empresarial opressor. Contudo, sua fala se aplica aos nossos estudantes universitários de hoje, que na sua maioria, pressentem o descompasso entre o investimento pessoal que se lhes pede nos estudos e a falta de recompensa posterior, em termos de renda e satisfação no trabalho.

Uma perspectiva emancipadora radical, em um mundo da automação, requer uma nova visão dos espaços educacionais, mantendo-se a idéia de escola como centro formativo compulsório até uma certa fase da vida, ampliando-se, porém, *por toda a vida*, sob a forma de foros educativos permanentes de trabalho e cidadania. Tal visão não é fruto de um devaneio piedoso, mas de uma perspectiva realista quanto às condições de possibilidade de um arranjo social coerente, e de uma extrapolação verossímil das mudanças sócio-econômicas ocorridas paralelamente aos avanços tecnológicos, no decorrer da história.

A esse respeito, afirma Vieira Pinto (2004, v.2, p.785) que

> a tendência do processo de acelerado desenvolvimento da tecnologia será fazer-se em direção a dois resultados simultâneos e conjugados, o incremento do trabalho, sem dúvida em formas progressivamente mais intelectuais, e a liberação do tempo ocupado na produção, justamente porque exige um trabalho intenso e especializado mas de menor duração. Além disso, faz-se mister levar em conta que o trabalho técnico a ser executado na 'era do lazer' exigirá tão extenso e profundo trabalho científico, que grande parte da existência do trabalhador de então, a bem dizer toda a vida, se consumirá numa aprendizagem difícil, penosa e ininterrupta, porém dignificante e condição de realização da felicidade pessoal. Dessa atividade ninguém será excluído, sob pena não só das sanções sociais da época, mas de tornar irrealizável o quadro agora imaginário, que supõe a distribuição eqüitativa do lazer.

Logo, o desenvolvimento tecnológico, hoje capitaneado pela cibernética, obriga à reorganização e à ampliação dos espaços de ensino-aprendizagem, a fim de que as pessoas desenvolvam e atualizem competências, continuamente, em ciclos cada vez mais curtos – ou por necessidade, para manterem-se incluídas no mundo do trabalho, ou por livre escolha, para ampliarem os seus horizontes existenciais, aproveitando o tempo ocioso que a automação lhes permite desfrutar. Talvez nos encontremos, sob esse ponto de vista, no período histórico de transição entre dois modelos de escola. Um, construído a partir das demandas da Revolução Industrial, com a finalidade precípua de formar quadros profissionais estratificados, segundo os desígnios do grande capital: uns poucos profissionais altamente qualificados para as tarefas de concepção, projeto e gestão da produção; outros, mais numerosos e com qualificações restritas, para as tarefas de supervisão e controle; outros, ainda mais numerosos, com qualificações mínimas, para as tarefas de operação do maquinário e execução de trabalhos braçais não automatizados. Tornado obsoleto o modelo anterior, abre-se espaço para outro, o de uma escola ainda compulsória, inicialmente circunscrita, atendendo ao desenvolvimento do potencial afetivo e cognitivo da criança e do jovem, e em fases posteriores da vida,

disseminada no tempo e no espaço, uma escola em intercâmbio permanente com o mundo do trabalho, ou melhor, constituindo-se ela própria parte desse mundo, e vice-versa. Diferentemente da escola do passado, a escola do futuro terá início mas não terá fim previsto, terá currículo, mas não terá *grades* curriculares, terá avaliações, mas não terá exclusão planejada. Tudo isso, por força de uma dinâmica social que, sob o ritmo da evolução tecnológica, não admitirá o imobilismo político e gnoseológico da escola atual.

Na medida em que a automação reduz o espaço para o trabalho não-especializado, a maioria dos egressos do modelo atual de escola vai gradativamente sendo posta à margem do processo produtivo, e aumenta a pressão para que uma fração maior da sociedade tenha acesso aos níveis mais elevados de escolaridade. Nos países economicamente desenvolvidos, as funções socialmente desprestigiadas, que não exigem maior formação escolar, passam então a ser assumidas por imigrantes, ou são transferidas para países onde seja viável a exploração de mão-de-obra a preço vil. Esse processo alivia temporariamente as pressões por mudanças substantivas nas relações entre educação, trabalho e equilíbrio social. Com o tempo, porém, os países explorados tendem a desenvolver sua própria tecnologia, ou pelo menos a se apropriar, em parte, da tecnologia dos países exploradores. Com isso, o ciclo de automação recomeça, e com ele, as pressões por mudanças no sistema. Esse fenômeno é bem exemplificado pela situação da Coréia do Sul, que passou de país periférico manufatureiro, a serviço dos EUA e do Japão, a país exportador de tecnologia, ora explorando, por meio de suas grandes empresas, a mão-de-obra barata da China[236] (cf. Dupas, 1999, p.61). Quando as demandas do próprio sistema de exploração fizerem com que a automação se dissemine por todos os países, em níveis elevados, os espaços para o trabalhador sem escolaridade tenderão a ser praticamente eliminados[237].

Diante desse quadro, e supondo que não prosperará uma nova forma de colonialismo, com o mundo dividido entre metrópoles "escolarizadas" e colônias com baixa escolaridade, a recriação da escola é fundamental, a fim de que se abram espaços para o desenvolvimento

---

[236]Que por sua vez, prevê-se, passará em duas décadas a potências exploradora, primeiro do seu próprio povo, nas regiões remotas do País, e paralelamente, nos países africanos, onde já está investindo com força.

[237]Um fenômeno que se observa inclusive na área rural, onde a quantidade de mão-de-obra requerida para a produção tem declinado consistentemente. É bem verdade que a manutenção de regimes de produção rural semi-artesanais é essencial em áreas específicas, como a produção de queijos e vinhos e flores. Mas, justamente, nessas atividades cada vez manos se pode acolher o trabalho de pessoas com escolaridade deficiente, tendo em vista a complexidade técnica dos processos que, atualmente, se alia ao saber tradicional.

humano continuado, cooperativo, em um mundo onde a parcela da população ocupada com a produção material tende a decrescer, inexoravelmente.

7 Conclusão

Os sistemas cibernéticos têm passado por um desenvolvimento notável desde a década de 1970, a partir da integração em larga escala dos componentes eletrônicos e da produção em massa dos microprocessadores. Contudo, as limitações desses sistemas ainda são evidentes, inclusive em campos de atuação bastante prosaicos. Ainda não existe, por exemplo, protótipo viável de robô capaz de auxiliar um cego nas suas atividades cotidianas. Entretanto, os cães têm há muito se desincumbido dessa tarefa com excelentes resultados, e os pequeninos pôneis também têm sido treinados com sucesso para esse mister.

Da mesma forma, mesmo nas linhas de produção mais automatizadas, como na indústria automobilística, o acabamento dos veículos ainda é realizado por trabalhadores qualificados. Isso não acontece somente porque é mais barato pagar os trabalhadores para fazer certas tarefas do que investir em sistemas robóticos suficientemente sofisticados. Ocorre que o automóvel é composto por milhares de componentes de tamanhos e formas diversificados, cuja montagem envolve ajustes finos, que nem os melhores robôs da atualidade poderiam realizar com a necessária destreza e flexibilidade. Essa limitação dos robôs fica ainda mais patente na montagem de grandes aviões, em que a mão-de-obra humana é preponderante, representando o emprego de milhares de pessoas-hora, em um trabalho prolongado e meticuloso[238].

Por outro lado, os avanços da automação, com o conseqüente deslocamento das competências humanas, leva muita gente a crer que a máquina está substituindo as pessoas. Contudo, não há substituição, mas uma alteração qualitativa nas formas de relação humano-máquina e humano-humano, que se dão no bojo de sistemas sócio-técnicos cada vez mais amplos e complexos.

---

[238]Por exemplo, um avião do tipo “Jumbo” 747, da Boeing, tem cerca de 4,5 milhões de peças.

“Com o progresso das máquinas propiciado pela cibernética o trabalho humano não desaparece, apenas muda de qualidade, tornando-se, em valor cultural, muito mais intenso do que anteriormente” (Pinto, v.2, p.619). Daí a necessidade urgente de formar pessoas para que trabalhem e prosperem nesse mundo de trabalho cultural intenso, onde, por um lado, o tempo ocioso é maior, mas onde também se ampliam as responsabilidades e as demandas intelectuais. Um mundo onde, espera-se, a cibernética apareça como elemento de base para a satisfação das necessidades materiais do ser humano, e como coadjuvante na criação de horizontes estéticos amplos, em uma sociedade equânime.

Ao proporcionar os meios para a criação de autômatos cada vez mais sofisticados, e a implantação de sistemas automatizados em larga escala, a cibernética acelera inexoravelmente o ritmo das mudanças no mundo da produção. Isso não significa, porém, que a emancipação das pessoas seja também automática, com a transformação para melhor da sociedade – conforme o alerta de Weizenbaum, mencionado na seção 1.1 do presente texto. A convergência entre valores e prioridades humanas, em projetos sociais relevantes, será sempre uma responsabilidade humana, que não pode ser delegada à máquina.

O legado da cibernética para o início do século XXI é o de um mundo veloz, com pessoas e organizações concentrando poderes em uma escala inédita na história da humanidade. Mas é também um legado de transformações institucionais inevitáveis, que geram instabilidade, paralelamente a significativas oportunidades de (r)evolução social. Em suma, a cibernética, liberando forças antes adormecidas da matéria, agora sob controle humano, solapa as bases dos sistemas sócio-econômicos instituídos, na medida em que lhes impõe mudanças amplas, em escalas de tempo reduzidas. O problema está em dar as essas mudanças rumos consentâneos com o bem-estar humano.

Nesse cenário, a mobilização das competências humanas já não pode ser casual, nem tampouco se pautar apenas pela melhoria de indicadores econômicos abstratos. Necessitamos, sim, cada vez mais, de pessoas competentes, tecnicamente e epistemologicamente, mas também ricas em *phrónesis*, sabedoria prática, bom-senso a serviço de finalidades nobres. Ou seja, pessoas capazes de combinar pensamento abstrato, *savoir-faire* e sensatez, em uma *práxis* emancipadora. Pessoas educadas para a reflexão sistemática, para o comprometimento no exercício das profissões, para a participação cidadã responsável. **A confluência entre *epistéme*, *tékhne*, e *phrónesis*, no processo educativo, é essencial para formar uma sociedade capaz fazer face ao inexorável e vertiginoso adensamento cibernético do**

mundo, que se manifesta por meio da presença de autômatos cada vez mais numerosos e elaborados, em torno de nós. Hoje, esse processo histórico evidencia-se ostensivamente o mundo do trabalho, mas a cada dia que passa, mais afetará a nossa vida diária, por meio dos seus efeitos indiretos, e também por meio de objetos prosaicos como aparelhos de comunicação, automóveis e eletrodomésticos.

As obras de Paulo Freire e de Vieira Pinto, a que nos temos referido, mostram que a consciência ingênua não dispõe dos recursos necessários para lutar por sua própria emancipação, ou melhor, dispõe de recursos em estado latente, que precisam ser atualizados-em-contexto. Ora, nos dias de hoje, o contexto em que se travam as batalhas pela emancipação é todo ele permeado pela tecnologia, e muito particularmente, pela automação, que reflete, simultaneamente, um momento histórico da engenhosidade humana e as demandas dos sistemas de produção e troca, ora vigentes. Portanto, é essencial que o processo dialógico de conscientização dos diversos grupos sociais inclua o conhecimento e a discussão da cibernética, seja nos seus usos presentes, seja nas suas possibilidades futuras.

Pode-se dizer, em linguagem popular, que o autômato, a serviço do capital, está sempre dando um "chega prá lá" no trabalhador, sem que o juiz apite falta (quem é, e onde está o juiz?). Na "bola dividida", geralmente a máquina, ou seus patrocinadores, são mais fortes, e o trabalhador sai de campo machucado. Esse problema só será equacionado quando o debate e as ações pertinentes se sedimentarem a um só tempo nos terrenos filosófico, técnico e pedagógico, deixando de lado a ilusão de que as mudanças políticas são possíveis sem a transformação das condições de base que as determinam. Nesse sentido, uma educação formativa, em sentido amplo, é de importância capital. Os males da desqualificação (*deskilling*) e do desemprego estrutural, que já não admitem soluções paliativas, devem ser prevenidos e atacados na raiz, por meio da transformação efetiva das estruturas de produção, pensada e realizada com o concurso da escola, em todos os níveis. A consciência dessa realidade é fundamental no presente momento histórico, em que as formas tradicionais de organização popular, especialmente os sindicatos, defrontam-se com desafios inéditos, decorrentes das novas formas de que se reveste o poder do capital.

As propostas de Paulo Freire para uma educação emancipadora passam pela apropriação, por parte do oprimido, da linguagem do opressor. Ora, no mundo contemporâneo a linguagem do opressor é predominantemente técnica. Em larga medida, a cibernética instrumentaliza o controle do capital sobre os trabalhadores e do estado burocrático sobre os

cidadãos. Também produz os objetos de fetiche, para cooptação do trabalhador especializado, aquele de quem o capital necessita para controlar o aparato tecnológico que lhe dá sustentação. Portanto, uma educação emancipadora, na atualidade, não pode ser pensada sem que se proporcione ao educando os instrumentos para compreender, manipular e criticar a tecnologia, em suas mais diversas manifestações. Por isso, quando os educadores se deixam cooptar pelo fetiche da técnica, contribuem para a manutenção do *status quo*. Ao se pretenderem revolucionários da técnica, tornam-se conservadores políticos, mesmo sem querer.

Inspirado em Postman (1993), fiz em um texto anterior uma observação que me parece pertinente recapitular:

> Um aspecto embaraçoso do mundo computadorizado[239] é a negação da responsabilidade humana. Na medida em que os sistemas de informação computadorizados assumem o controle das nossas atividades cotidianas, nós repetidamente ignoramos as pessoas que estão por trás e para além das máquinas. Nós culpamos os sistemas de reservas de passagens pelo *overbooking* que atrapalha nossas viagens, mas nos esquecemos das pessoas que definem os critérios de *overbooking*. Analogamente, quando um hotel não pode lidar com alterações na nossa agenda, nós acusamos o sistema e perdoamos os atendentes e gerentes que se agarram a a regras inflexíveis do software. Nessas circunstâncias, o sistema se transforma em uma abstração enganadora, desviando a nossa atenção das pessoas e dos interesses tangíveis que orientam as organizações (Amorim, 2001, p.4).

A fim de corrigir esse desvio do pensamento, devemos nos lembrar de que apenas o ser humano é um ser intencional, potencialmente da *práxis*, engajado na realização de projetos. As máquinas não têm projetos. Por mais sofisticadas, são eficazes apenas como instrumentos de trabalho, mas não são competentes ou autônomas, em sentido estrito. Portanto, a deliberação sobre valores, metas, prioridades sociais compete sempre ao ser humano – responsabilidade à qual não nos podemos furtar, sob qualquer pretexto.

Ainda que extrapolando os limites temáticos do presente trabalho, sugiro que, como forma de potencializar a longo prazo os efeitos benéficos da automação, serão necessárias leis supranacionais, intervindo diretamente nas práticas dos grandes grupos que operam as finanças globais. Enquanto o mundo concreto da produção continuar subordinado à especulação com moeda abstrata, será sempre muito fácil ocultar as responsabilidades das pessoas de carne e osso por detrás de substantivos vagos, como “mercado” e “investidores”,

---

[239]“computerworld”, no original.

associados na mídia a adjetivos imprecisos, como “nervosos,” “apreensivos”, ou “tranqüilos”, que a rigor não dizem nada.

Um engenheiro, amigo muito querido, solidário e afetuoso, disse-me que não entende “o que tanto se tem para estudar na área de educação”. Ele tem suas razões: afinal, como alguém escreve uma tese de cento e tantas páginas, e no fim, não resolve nenhum problema do mundo, e ao contrário, procura problemas onde eles aparentemente não existiam? Como nós, educadores, podemos escrever tanto, discutir tanto, criticar tanto, e no fim, realizar tão pouco?

Outro grande amigo, também engenheiro, me diz, com freqüência, que sou “muito teórico”. Ele também tem razão. Como pode alguém teorizar tanto, ensinar tanto, e não construir nada de palpável às mãos e visível aos olhos?

O primeiro amigo mencionado constrói unidades processadoras de petróleo e gás, para o nosso conforto. O segundo, as automatiza, para maior produtividade e segurança. Nem eles, nem outros com responsabilidades semelhantes, têm sido chamados para conversar conosco, na filosofia e na educação. Espero que esse trabalho nos estimule ao diálogo necessário.

A esses amigos eu diria que, em um mundo de automação, o trabalho frenético, monolateral, prisioneiro de um modelo econômico retrógrado, é um contrasenso, que se torna mais aberrante na vida daqueles a quem, supostamente, tal sistema deveria beneficiar. Que o operário permaneça alienado, entregando a vida pela produção, não se aceita, mas se compreende, tendo em vista as artimanhas históricas do capitalismo, expressas na crueza da exploração do homem pelo homem. Mas, é realmente patético que trabalhadores técnicos altamente qualificados se matem pela acumulação desmesurada de bens, a benefício da opulência e da frivolidade de uns poucos.

Para que essas e outras distorções sociais um dia tenham fim, compete-nos assumir, desde já, um dos nossos maiores desafios: contruir, por meio da *práxis* educativa, novas vias para a emancipação humana, em sintonia com o que de melhor a nossa herança cibernética nos oferece.

Referências

AGNEW, Andrew et al. Deskilling and reskilling within the labour process: The case of computer integrated manufacturing. In: **International Journal of Production Economics**, 52(1997) 317-324.

AMORIM, Cláudio A. **A Máquina e seus Limites: Uma Investigação sobre o Xadrez Computacional**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, 2002.

__________________. Bits, Logic and Wisdom: A Radical Approach to Computer Literacy. In: McComas, William F. (Org.). **The Proceedengs of the Sixth International History, Philosophy & Science Teaching Conference**. Denver, CO: 2003. CD-ROM.

__________________. Beyond Algorithmic Thinking: An Old New Challenge to Science Education. In: **The Proceedengs of the Eighth International History, Philosophy & Science Teaching Conference**. Leeds, UK: 2006. Disponível em http://www.ihpst2005.leeds.ac.uk/papers/Amorim.pdf. Acesso em 27 set.2006.

ARISTÓTELES. **Ética a Nicômaco**. São Paulo: Martin Claret, 2005.

ARISTOTLE. **The Nichomachean Ethics** (Oxford World's Classics). Oxford, UK: Oxford University Press, 1998.

ARMSTRONG, Alison; CASEMENT, Charles. **A Criança e a Máquina: Como os computadores colocam a educação dos nossos filhos em risco**. Porto Alegre: ARTMED, 2001.

ASHBY, W.Ross. **Introdução à Cibernética**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1970.

BASSANI, Luiz. **O mundo do avião: e tudo que você precisa saber para perder o medo de voar**. São Paulo: Editora Globo, 2005.

BERRY, John W. An Ecocultural Perspective on the Development of Competence. In: STERNBERG, Robert J.; GRIGORENKO, Elena. **Culture and Conpetence: contexts of life success**. Washington: American Psychological Association, 2004, p.139-162.

BLACKBURN, Simon. **Dicionário Oxford de Filosofia**. Rio de Janeiro: jorge Zahar Editor, 1997.

BLEVINS, Terrence L. et al. **Advanced Control Unleashed: Plant Performance Management for Optimum Benefit**. Research Triangle Park, NC: ISA, 2003.

BOULDING, Elise. **Building a Global Civic Culture: Education for an Interdependent World**. Syracuse, New York: Syracuse University Press, 1990.

BOURDIEU, Pierre; CHAMBOREDON, Jean-Claude; PASSERON, Jean Claude. **Ofício de Sociólogo: Metodologia da pesquisa em sociologia**. Petrópolis: Vozes, 2004.

BRAVERMAN, Harry. **Trabalho e Capital Monopolista: Adegradação do Trabalho no Século XX**. 3.ed. Rio de Janeiro, 1987.

CHAUÍ, Marilena. **Introdução à História da Filosofia: Dos Pré-Socráticos a Aristóteles**. 2.ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

COLLINS, Harry M. **Experts Artificiels: Machines intelligentes e savoir social**. Paris: Éditions du Seuil, 1992a.

_________________. **Changing Order : Replication and Induction in Science Practice**. Chicago : University of Chicago Press, 1992b.

COLLINS, Harry M.; Kusch, Martin. **The Shape of Actions. What Humans and Machines Can Do**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1998.

COLLINS, Harry M.; EVANS, Robert. **Periodic Table of Expertises**. Disponível em www.cf.ac.uk/socsi/expert. Acesso em 20 mar.2005.

CRANDALL, R.; LEVICH, Marvin. **A Network Orange: Logic and Responsibility in the Computer Age**. New York: Springer-Verlag, 1998.

DADOY, Mireille. As Noções de Competência e Competências à Luz das Transformações na Gestão da Mão-de-Obra. In : TOMASI, Antônio (org.). **Da Qualificação à Competência : Pensando o Século XXI**. Campinas, SP : Papirus, 2004.

DAVIS, M. **The Universal Computer: The road from Leibniz to Turing**. New York: Norton, 2000.

DERRY, T.K.;WILLIAMS, T.I. **A Short Story of Technology: From the Earliest Times to A.D. 1900**. Toronto: Dover, 1993.

DOLZ, Joaquim; OLLAGNIER, Edmée. A noção de competência: necessidade ou moda pedagógica? In: DOLZ, Joaquim; OLLAGNIER, Edmée (Orgs.). **O Enigma da Competência em Educação**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

DREYFUS, Hubert L. **What Computers Still Can't Do: A Critique of Artificial Reason**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1992.

DREYFUS, Hubert L.; DREYFUS, Stuart E. **Mind Over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of the Computer**. New York: The Free Press, 1986.

DUGUÉ, Elisabeth. A Lógica da Competência: O Retorno do Passado. In: TOMASI, Antônio (org.). **Da Qualificação à Competência: Pensando o Século XXI**. Campinas, SP: Papirus, 2004.

DUPAS, Gilberto. **Economia Global e Exclusão Social: Pobreza, Emprego e o Futuro do Capitalismo**. 3.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

DUPUY, Jean Pierre. **Nas Origens das Ciências Cognitivas**. São Paulo: Editora da UNESP, 1996.

DVORETSKY, Mark; YUSUPOV, Artur. **Positional Play**. London: B. T. Batsford Ltd, 1996.

EPSTEIN, Isaac. **Cibernética**. São Paulo: Ática, 1986.

FLYVBJERG, Bent. **Making Social Science Matter: Why social inquiry fails and how it can succeed again**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.

FRAZZINI, Ron. "Technology Impact: Some Thoughts on Deskilling and Design Responsibility". In: **IEEE Control Systems Magazine**, Feb 2001, p.8-12.

FREIRE, Paulo. **Extensão ou Comunicação?** 12.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.

____________ . **Educação e Mudança**. 28.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

____________. **Pedagogia da Esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. 13.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

____________ .**Pedagogia do Oprimido**. 43.ed. Riode Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FRITH, Ken. What piece of this work is man? In: **Engineering Management Journal**, Oct 2000, p.225-230.

FURTADO, Celso. **Introdução ao Desenvolvimento: Enfoque histórico-estrutural**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000.

GADOTTI, Moacir. **Concepção Dialética da Educação: Um estudo introdutório**. 9.ed. São Paulo: Cortez, 1995.

GARDNER, Howard. Estruturas da Mente: A Teoria das Inteligências Múltiplas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

__________________. A Multiplicity of Intelligences. In: **Scientific Americam Presents**, Volume 9, Number 4, Winter 1998, p. 18-23.

GORZ, André. Técnica, técnicos e luta de classes. In: GORZ, André (Org.). **Crítica da Divisão do Trabalho**. 3.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996, p. 212-248.

GRABOWSKI, Martha; SANBORN, Stephen D. Human performance and embedded intelligent technology in safety-critical systems. **International Journal of Human-Computer Studies**, 58 (2003), 637-670.

GROOVER, Mikell P. **Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing**. Second Edition. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice-Hall, 2000.

HSU, Feng-hsiung et alli. "A Grandmaster Chess Machine". In: **Scientific Americam**, volume 263, no. 4, October 1990, p.18-24.

HUMPHREYS, Paul. **Extending Ourselves: Computational Science, Empirism and Scientific Method**. New York: Orford University Press, 2004.

HUXLEY, Aldous. **Brave New World & Brave New World Revisited**. New York: Harper & Row, 1965.

_______________. **O Despertar do Mundo Novo**. São Paulo: Hemus – Livraria Editora Ltda., s.d. [1937].

ISAMBERT-JAMARTI, Viviane. O Apelo à Noção de Competência na Revista l'Orientation Escolaire et Professionnelle – da sua Criação aos Dias de Hoje. In: ROPÉ, Françoise; TANGUY, Lucie (Orgs.). **Saberes e Competências: O uso de tais noções na escola e na Empresa**. Campinas, SP: Papirus, 1997.

JACOMY, Bruno. **A Era do Controle Remoto: Crônicas da Inovação Técnica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2004.

JOB, Machartur; TESCH, Matthew. **Air Disaster Volume 3**. Fyshwick, Australia: Aerospace Publications Pty Ltd, 1998.

KROGIUS, N. V. **La Psicología en Ajedrez**. 3.ed. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, S.A., 1974.

KURZWEIL, Ray. **The Age of Spiritual Machines**. New York: Penguin Books, 2000.

KYTAYAMA, Shinobu; , Sean. Cultural Competence – Tacit, yet Fundamental: Self, Social Relations and Cognition in United States and in Japan. In: STERNBERG, Robert J.; GRIGORENCO, Elena (Orgs.). **Culture and Competence: contexts of life success**. Washington: American Psychological Association, 2004.

LAUAND, Jean. O Laboratório do Tio Patinhas. **Língua Portuguesa**, Ano I, número 9, julho de 2006, p.18-23.

LITHNER, J. 'Students' Mathematical Reasoning in University Textbooks Exercises'.

Educational Studies in Mathematics 52, 2003, p.29–55.

LOGOS. **Enciclopédia Luso-Brasileira de Filosofia**. 5v. Lisboa / São Paulo: Editorial Verbo, 1987.

LOJKINE, Jean. **A Revolução Informacional**. 3.ed. São Paulo: Cortez, 2002.

MacKENZIE, Donald. **Knowing Machines: Essays on Technical Change**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1998.

MARCUSE, Herbert. **Tecnologia, Guerra e Facismo**. São Paulo: Editora da UNESP: 1998.

MARX, Carl. **O Capital: Crítica da Economia Política**. 16.ed. 2v. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1998.

MARX, Carl; ENGELS, Freidrich. **Manifesto Comunista**. São Paulo: Boitempo, 1998.

MAYR, Otto. **The Origins of Feedback Control**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1969.

McFADDEN, Kathleen L. Predicting pilot-error incidents of US airline pilots using logistic regression. **Applied Ergonomics** Vol 28, No. 3, p.209-212, 1997.

MORAVEC, Hans. **Mind Chirldren: The Future of Robot and Human Intelligence**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1988.

MORGAN, Gareth. **Imagens da Organização**. São Paulo: Atlas, 1996.

PARASURAMAN, Raja; RILEY, Victor. Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. **Human Factors**, 1997, 39(2), 230-253.

____________________; SHERIDAN, Thomas B.; WICKENS, Christopher D. "A Model for Types and Levels of Human Interaction With Automation". In: **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, vol.30, no.3, May 2000, p.286-297.

PENROSE, Roger. **A Mente Nova do Rei: Computadores, Mentes e as Leis da Física**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

________________. **Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness**. Oxford: Oxford University Press, 1994.

________________. Inteligência Matemática. In: KHALFA, Jean (Org.). **A Natureza da Inteligência**. São Paulo: Editora da UNESP, 1995.

________________. **O Pequeno, o Grande e a Mente Humana**. São Paulo: Editora da UNESP, 1998.

________________. **The Emperor's New Mind**. Oxford: Orford University Press, 1999.

PERRENOUD, Philippe. De uma Metáfora a Outra: Transferir ou Mobilizar Conhecimentos? In: DOLZ, Joaquim; OLLAGNIER, Edmée (Orgs.). **O Enigma da Competência em Educação**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PINKER, Steven. **The Language Instinct: How the Mind Creates Language**. New York: William Morrow and Company, Inc., 1994.

PINTO, Álvaro Vieira. **O Conceito de Tecnologia**. 2v. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

PINTO, L.S.; PINTO, Geraldo Souza. **Piloto de Jato**. Rio de Janeiro: Editora ao Livro Técnico, 2003.

POORTINGA, Ype H.; VAN DER VIJVER, Fons. Culture and Cognition: Performance Differences and Invariant Structures. In: STERNBERG, Robert J.; GRIGORENCO, Elena. **Culture and Conpetence: contexts of life success**. Washington: American Psychological Association, 2004, p.139-162.

POSTMAN, Neil. **The End of Education: Redefining the Value of School**. New York: Vintage Books, 1996.

REY, Bernard. **As Competências Transversais em Questão**. Porto Alegre: ARTMED, 2002.

RILEY, Victor. "What Avionics Engineers Should Know about Pilots and Automation". In: **IEEE AES Systems Magazine**, May 1996, p.3-8.

RISUKHIN, Vladimir. **Controlling Pilot Error: Automation**. New York: McGraw-Hill, 2001.

ROGOFF, Barbara. Observando a atividade sociocultural em três planos: apropriação participatória, participação guiada e aprendizado. In: WERTSCH, James V.; del RÍO, Pablo; ALVAREZ, Amélia. **Estudos Socioculturais da Mente**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ROMERO, Daniel. **Marx e a Técnica: Um estudo dos manuscritos de 1861-1863**. São Paulo: Expressão Popular, 2005.

ROSZAK, Theodore. **O Culto da Informação: O Folclore dos Computadores e a Verdadeira Arte de Pensar**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1988.

RYLE, Gilbert. **The Concept of Mind**. Chicago: University of Chicago Press, 1984 [1949].

SANT'ANNA, Ivan. **Caixa Preta: O relato de três desastres aéreos brasileiros**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

SCHEPS, Ruth (org.). **O Império das Técnicas**. Campinas, SP: Papirus Editora, 1996.

SEARLE, John. **The Rediscovery of Mind**. Massachusetts: MIT Press, 1994.

_____________. **Intencionalidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1995a [1983].

_____________.**The Construction of Social Reality**. New York: The Free Press, 1995b.

_____________. **Mente, Cérebro e Ciência**. Lisboa: Edições 70, 1997.

_____________. **O Mistério da Consciência**. São Paulo: Paz e Terra, 1998.

_____________.“Minds, Brains and Programs”. In: Cummins, Robert; Cummins, Denise D. (eds.). **Minds, Brains and Computers: The Foundations of Cognitive Sciences**. Malden, Massachusetts: Blackwell Publishers, 2000, p.140-152.

SETZER, Waldemar. **Meios Eletrônicos e Educação: Uma visão alternativa**. São Paulo: Escrituras Editora, 2001.

SPARACO, Pierre. Incident Prompt Airbus to Alter A320 AOA Limits. In: **Aviation Week & Space Technology**. New York: May 28, 2001. Vol. 154, Iss 22; p.38.

STOLL, Clifford. **High-Tech Heretic: Reflections of a Computer Contrarian**. New York: Anchor Books, 2000.

STROOBANTS, Marcelle. A qualificação ou como se ver livre dela. In: DOLZ, Joaquim; OLLAGNIER, Edmée (Orgs.). **O Enigma da Competência em Educação**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

____________________. A Visiblidade das Competências. In: ROPÉ, Françoise;

TANGUY, Lucie (Orgs.). **Saberes e Competências: O uso de tais noções na escola e na Empresa**. Campinas, SP: Papirus, 1997.

TALBOTT, Stephen. **The Future does not Compute: Transcending the Machines in our Midst**. Sebastopol, CA: O’Reilly & Associates, Inc., 1995.

TENÓRIO, Robinson Moreira. **Computadores de Papel: máquinas abstratas para um ensino concreto**. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1991.

_________________________. **Cérebros e Computadores : A complementaridade analógico-digital na informática e na educação**. São Paulo : Ecrituras, 1998.

TOMASELLO, Michael. **Origens Culturais da Aquisição do Conhecimento Humano**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

_____________________. The Human Adaptation for Culture. In: **Annual Review of Anthropology**. 1999, 28:509-29.

TSUNODA, Tadanobu. Uma abordagem sobre um sistema sensório-motor integrado no cérebro central humano e um computador subconsciente. In: WERTSCH, James V.; del RÍO, Pablo; ALVAREZ, Amélia. **Estudos Socioculturais da Mente**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

VICENTE, Kim. **The Human Factor : Revolutionizing the way people live with technology**. New York: Routledge, 2004.

WANG, Qi et al. Culturally Situated Cognitive Competence: A Functional Framework. In: STERNBERG, Robert J.; GRIGORENCO, Elena (Orgs.). **Culture and Conpetence: contexts of life success**. Washington: American Psychological Association, 2004.

WEBSTER. **Webster´s new Twentieth Century Dictionary**. 2ed. New York: Simon & Schuster, 1979.

WEIZENBAUM, Joseph. **Computer Power and Human Reason: From Judgment to Calculation**. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1976.

WIENER, Norbert. **Cybernetics: or Control and Communication in the Man and in the Machine**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1965.

_______________. **The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society**. Da Capo Press, 1988 [1954].

_______________. **The Tempter**. New York: Random House, 1964.

WIKIPEDIA. Disponível em (http://upload.wikimedia.org /wikipedia/commons/1/ 1e /Centrifugal_governor.png. Acesso em 25 set.2006.

WITTORSKI, Richard. Da Fabricação das Competências. In: TOMASI, Antônio (org.). **Da Qualificação à Competência: Pensando o Século XXI**. Campinas, SP: Papirus, 2004.